



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

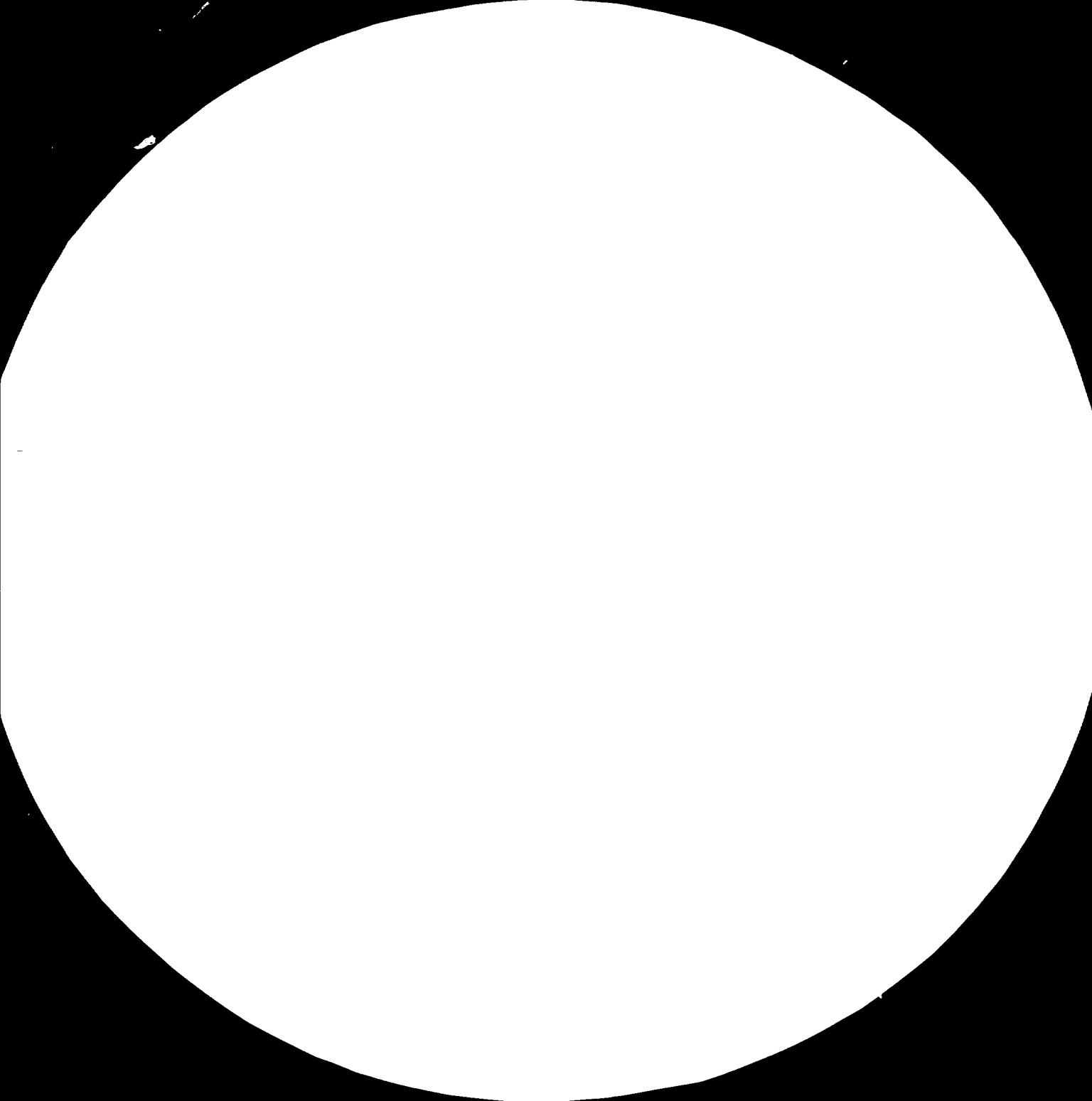
FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org





4



Microcopy Resolution Test Chart
NBS 1963-A

UNITED NATIONS

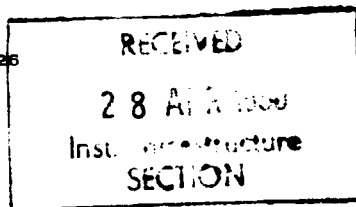


NACIONES UNIDAS

PROYECTO DPI/ARG/78/004/A/01/37
MEJORAMIENTO Y DESARROLLO DE LA PEQUEÑA Y MEDIANA INDUSTRIA

PNUD - ONUDI

SALTA 2752 - 2000 ROSARIO - TEL. 386666-33616 - CASILLA CORREO 26
REPUBLICA ARGENTINA



09637

1. INFORME FINAL

EXPERTO: SR. REMI C. ROGGEMAN

PUESTO: 11-03 EXPERTO EN INDUSTRIAS METALMECANICAS

2. COMENTARIOS

3. ANEXOS DEL INFORME

1.3. ESTUDIOS VARIOS

- ESTADO TECNOLÓGICO ACTUAL DE LA SOLDADURA EN LA PROVINCIA DE SANTA FE
- RESULTADOS DEL ESTUDIO DEL SECTOR MAQUINAS HERRAMIENTAS
- MANUAL PARA LA ORGANIZACION DE PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS

1.5. DIFUSION TECNOLÓGICA

- PRIMERA CONFERENCIA DE ACTUALIZACION EN SOLDADURA
- SEGUNDA CONFERENCIA DE ACTUALIZACION EN SOLDADURA
- TERCERA CONFERENCIA DE ACTUALIZACION EN SOLDADURA
- 24 DOCUMENTOS TÉCNICOS SOBRE SOLDADURA
- 2 DOCUMENTOS TÉCNICOS SOBRE PROCESOS MECANICOS
- 3 DOCUMENTOS TÉCNICOS SOBRE MAQUINAS HERRAMIENTAS

ROSARIO, FEBRERO DE 1980

EL CONTENIDO DE ESTE INFORME REFLEJA LA OPINION DEL AUTOR Y NO NECESARIAMENTE LA DE LA SEDE DE LA ONUDI (VIENA)

INFORME FINAL

EXPERTO: SR. REMI C. ROGGEMAN

PUESTO: 11-03 EXPERTO EN INDUSTRIAS METAL-MECANICAS

CONTENIDO:

- I. DETERMINACION
- II. CONTENIDO
 1. OBJETIVOS
 - 1.1. OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO
 - 1.2. OBJETIVOS DE LA MISION DEL EXPERTO
 2. RESUMEN DE LA LABOR REALIZADA
 3. COMPARACION DE OBJETIVOS Y LABOR REALIZADA
 4. PARTICIPACION Y PROBLEMAS SUSCITADOS
 5. CONCLUSIONES - RECOMENDACIONES

INFORME FINAL

1- OBJETIVOS.

1.1. Objetivo general del proyecto.-

Asistir al gobierno de la Provincia de Santa Fe, Ministerio de Economía, a través de la Dirección General de Asistencia Técnica en:
El mejoramiento tecnológico de la pequeña y mediana industria de la Provincia.

1.2. Objetivos específicos de la misión del experto:

Asistir en calidad de experto de ONUDI en la ejecución del proyecto DP/ARG./78/004, desempeñando las siguientes funciones.

- a- Asesorar a las industrias metal-mecánicas en la planificación de nuevas instalaciones, distribución interna y organización de la producción.
- b- Efectuar diagnósticos individuales para empresas que necesiten asistencia técnica así como estudios sectoriales sobre ramas industriales que tienen dificultades tecnológicas.
- c- Sugerir mejoras en el diseño de los productos.
- d- Prestar ayuda en el mejoramiento de los procesos de producción y en el diseño de las herramientas necesarias a tal fin.
- e- Colaborar en la formulación de normas de calidad para la industria metal-mecánica y asesorar en la ampliación de los servicios de los laboratorios de ensayos en Rosario.
- f- Prestar ayuda en el establecimiento de un servicio de extensión tecnológica para el sector metal-mecánico.

- g- Participar en la capacitación de un grupo técnico para el estudio de tiempos y movimientos en fábricas, el cálculo de costos de producción y los métodos de asistencia técnica. (Desarrollando esas tareas durante el tiempo de capacitación del grupo).
- h- Colaborar en la preparación de cursos y seminarios en relación con su especialidad.

2- RESUMEN DE LA LABOR REALIZADA.

2.1. Asistencia técnica en planta.-

Durante el tiempo de su misión el experto efectuó 145 visitas a industrias. Algunas empresas fueron visitadas una sola vez, otras dos y más veces, según los problemas planteados.

La asistencia técnica abarcó:

- Demostraciones técnicas de soldeo
- Problemas de mecanización
- Distribución de planta
- Programación de producción
- Cálculo de costos
- Organización de organigramas
- Rediseño de productos

2.2. Consultas técnicas en la oficina.-

El experto atendió en el tiempo que abarca su misión un total de 62 consultas, varias de las cuales fueron completadas con ensayos en los laboratorios y una posterior visita a la planta.

2.3. Cursos:

El experto dictó 6 cursos, teóricos-prácticos de soldadura con duración entre 20 y 40 horas c/u; unos en las instalaciones de la D.A.T. y otros en diferentes localidades de la Provincia.

A los diferentes cursos asistieron un total de 125 personas entre obreros de soldadura, capataces, ingenieros de planta y estudiantes.

2.4. Conferencias.-

El experto dictó 3 ciclos de 3 conferencias cada uno, además de su participación como disertante en el 2º Congreso Nacional de la Soldadura. A las conferencias asistieron un total de 106 personas, en su mayoría profesionales del ramo de la industria.

2.5. Visitas a instituciones similares y atención visitantes.-

El experto visitó varias instituciones similares a la D.A.T., Agrupaciones de industriales y otras, atendiendo así también los funcionarios de éstas quienes visitaban la sede del proyecto y las instalaciones de la D.A.T.

2.6. Información Técnica:

El experto elaboró:

24 informes técnicos de soldadura

2 " " " procesos mecánicos

3 " " " herramientas

- Texto curso de soldadura

- Texto 3 conferencias de soldadura

- Texto del trabajo del congreso de soldadura

- Manual de organización de empresas

- Recopilación de información de consultas.

3- COMPARACION ENTRE OBJETIVOS Y LABOR REALIZADA

1. Asistencia a las industrias.-

Ampliamente cumplido ya que se efectuaron 145 visitas a planta, durante las cuales el experto cumplió con otra parte de sus tareas: entrenamiento de contrapartes, ya que estas visitas fueron hechas en conjunto con el contraparte.

3.2. Diagnósticos individuales y estudios sectoriales.-

El diagnóstico individual se efectúa "ipso-facto" desde que se visita una empresa en plan de asistencia técnica. Los resultados de los estudios sectoriales están incluidos en los informes trimestrales de progreso.

3.3. Mejoramiento del diseño de productos.-

Incluido en el trabajo de asistencia técnica y en las consultas formuladas por las industrias.

3.4. Mejoramiento de los procesos de fabricación.-

Este punto fue ampliamente cumplido por la labor efectuada durante las visitas de asistencia técnica y los cursos prácticos dictados a los operarios.

3.5. Normas de calidad y servicios de laboratorios.-

Durante toda su estadía el experto recalcó a los empresarios la necesidad de mejorar la calidad de sus productos utilizando los servicios de los laboratorios para tal fin.

3.6. Establecimiento de servicios de extensión tecnológica.-

Esta parte de la tarea fue cumplida a través de la enseñanza a las con-
trapartes y la información tecnológica elaborada por el experto para el
servicio de las contrapartes.

3.7. Participación en la capacitación de un grupo de técnicos. -

Este punto fue tal vez el que menos se realizó ya que el "grupo de téc-
nicos" no existía y más bien la capacitación se hizo individualmente.

3.8. Colaboración en la preparación de cursos y seminarios. -

El experto cumplió con este punto ya que no solamente colaboró en la
preparación de los cursos y seminarios, sino que el mismo los realizó,
dictando 6 cursos de más o menos 30 horas promedio cada uno y 9 confe-
rencias de 2 1/2 horas cada una.

4- PARTICIPACION Y PROBLEMAS SUSCITADOS.

4.1. Participación de la ONUDI.-

Durante la estadía del experto la participación de la ONUDI consistió en:

- Ing. Juan Manso de las Moras - Asesor Principal
desde el 10-3-79
- Ing. John Shand - Experto en fundición
hasta el 23-12-79
- Ing. Wilhelm Langentinger - Experto en madera y muebles
desde 1-9-79 hasta el 24-11-79
- María del Carmen Fernandez
Secretaria del proyecto - todo el período.

4.2. Participación de la D.A.T.

4.2.1. Contrapartes:

El Sr. Hugo Purinan, Director Nacional del Proyecto designó las contrapartes de los expertos con su carta del 25-6-79.

No obstante el experto ha tenido como contraparte durante toda su estadía al técnico L. Ameriso, y trabajó en forma esporádica con otros técnicos de la D.A.T. en problemas técnicos específicos. Habría sido mejor que el experto contara con uno o dos contrapartes más, para transferir sus conocimientos y experiencias. En muchas oportunidades el experto estuvo solo, ya que su contraparte era ocupado en otras labores, para atender consultas o como en el caso del curso de soldadura de la localidad de Ve

4. PARTICIPACION Y PROBLEMAS SUSCITADOS.

4.1. Participación de la ONUDI.-

Durante la estadía del experto la participación de la ONUDI consistió en:

- Ing. Juan Manso de las Moras - Asesor Principal desde el 10-3-79
- Ing. John Sand - Experto en fundición hasta el 23-11-79
- Ing. Wilhelm Langstinger - Experto en madera y muebles desde 1-9-79 hasta el 24-11-79
- María del Carmen Fernández - Secretaria del proyecto - todo el período.

4.2. Participación de la D.A.T.

4.2.1. Contrapartes:

El Sr. Hugo Marín, Director Nacional del Proyecto designó las contrapartes de los expertos con su carta del 25-6-79.

No obstante el experto ha tenido como contraparte durante toda su estadía al técnico L. Ameriso, y trabajó en forma esporádica

con otros técnicos de la D.A.T. en problemas técnicos específicos. Habría sido mejor que el experto contara con uno o dos contrapartes más, para transferir sus conocimientos y experiencias.

En muchas oportunidades el experto estuvo solo, ya que su contraparte era ocupado en otras labores, para atender consultas o como en el caso del curso de soldadura de la localidad de Ve

nado Tuerto que dictó el experto sólo ya que su contraparte se encontraba enfermo. Durante este curso se atendió a 9 empresas con diferentes problemas, experiencia que habría sido muy interesante para el contraparte.

4.2.2. Insumos.-

El experto quiere expresar su satisfacción por la forma en la cual la D.A.T. aportó las máquinas de soldar y los consumibles para los cursos de soldadura y las demostraciones de técnicas de soldadura.

Sin este esfuerzo de la D.A.T. el experto no habría podido realizar esta parte de su tarea, ya que en los aportes por parte del P.N.U.D. no estaba previsto ningún insumo para esta parte del sector.

Asimismo la imprenta de los apuntes de los cursos y conferencias fue realizado por la D.A.T. en forma adecuada.

Además la D.A.T. proveyó espacio de oficina y un local para los cursos y prácticas de soldadura en forma continua.

La sección de los laboratorios colaboró eficazmente en lo que se refiere a ensayos mecánicos, metrología y de preparación de piezas necesarias para la labor del experto.

5- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. Conclusiones. -

El proyecto y la D.A.T. han sido orientados durante los 3 años de proyecto anterior al campo de la fundición y asimismo en lo que va del actual proyecto esta área ha sido muy trabajada, ya que el asesor principal y un experto en fundición están prestando sus servicios al proyecto y la mayoría de los equipos de los laboratorios están orientados hacia este campo.

Será de suma importancia de seguir esta labor del experto en el campo de la soldadura y ampliar los campos de transferencia de tecnología en mecanización y metrología.

Este es una lógica consecuencia, ya que para fabricar cualquier implemento o producto, en el sector metalúrgico se sigue el siguiente camino: fundir las partes, unir uniones mecanizadas o soldarlas hasta un conjunto, o salir de perfiles y chapas comerciales, cortarlas, mecanizarlas y soldar para formar un ensamble terminado.

Si damos una importancia a cada parte del proceso, llegamos a la siguiente estimación basada en las encuestas, consultas y visitas realizadas:

- Fundición : 15 %
- Mecanización : 40 %
- Soldadura : 25 %
- Armado y terminación : 15 %

Como se observa, la fundición ocupa en el sector aproximadamente uno de cada seis operarios y la soldadura uno de cada cuatro.

Como la D.A.T. y el proyecto ya llevan 3 años o más en el campo de fundición se deberá para hacer una equivalencia trabajar 5 años en el campo de la soldadura y 8 años en mecanización y metrología. Naturalmente, este tiempo se puede acortar, destacando más personal en estas áreas.

Se puede estimar que de las 18.000 pequeñas y medianas empresas que existen en la Provincia la mitad o más tiene uno o varios operarios en el campo de la soldadura, quienes necesitan asistencia técnica.

De esta comparación queda claro la gran necesidad de entrenamiento del personal en este campo, y, esta fue la conclusión primordial a la cual se llegó durante el segundo Congreso Nacional de soldadura.

5.2. Recomendaciones.-

5.2.1. Según lo expresado en las conclusiones la labor en el campo de soldadura y de mecanización es de mucha importancia y gran envergadura, motivos por lo cual ha de seguirse e intensificarse. El experto desconoce las razones que han llevado al Sr. Hugo Purinan, Director Nacional del Proyecto para cambiar la descripción del puesto 11-03 y denominarlo como experto en Diseño y Cálculo de elementos de Máquinas y Equipos, según su carta cuya copia se anexa.

El experto reconoce la importancia de esta parte tecnológica, pero cree de suma importancia la instrucción de los operarios, quienes van a ser los ejecutorios de los diseños y cálculos avanzados, pero si los operarios desconocen las técnicas y métodos avanzados les va a ser imposible ejecutar las piezas y equipos de tecnología.

gías avanzadas.

- 5.2.2. Se debe tener en cuenta que el P.N.U.D. ha apartado un grupo de equipos para ensayos no destructivos. Será muy importante prever un experto en el manejo de estos equipos para entrenar los contrapartes quienes van a usar estos equipos. Asimismo para los equipos nuevos de metrología quienes estan llegando actualmente al proyecto.
- 5.2.3. El experto cree conveniente afectar la totalidad del personal técnico de la D.A.T. al proyecto, y, no unicamente el pequeño grupo de contrapartes, ya que así todo el personal puede aprovechar los conocimientos y experiencias de los expertos afectados al proyecto.
- 5.2.4. La D.A.T. debería contratar o designar más personal al sector metal-mecánico, ya que hasta el momento unicamente el Sr. L. Ameri so está afectado a este sector.
- 5.2.5. El experto recomienda a la contraparte nacional prever una extensión al proyecto que cubre los siguientes sectores:
- 1- Fundición y materiales (metales)
 - 2- Soldadura
 - 3- Mecanización
 - 4- Recubrimiento, terminación y productos plásticos
 - 5- Madera y muebles
 - 6- Cálculo y diseño
 - 7- Subcontratación.

Como se observa, el experto no divide el sector según los productos fabricados.

Es del conocimiento del experto que un gran porcentaje de las empresas de la Provincia se dedican a la fabricación de implementos y máquinas agrícolas, pero se debe pensar que las piezas y partes, para su fabricación no exigen un conocimiento agrícola, son partes que se fabrican con tecnología normal, y, la parte agrícola puede ser cubierta por un ingeniero nacional de esta rama, que conoce los diseños, necesidades y exigencias locales en lo que se refiere a los métodos de trabajo en el agro local y los suelos y condiciones de la Provincia.

5.2.6. El experto recomienda a la contraparte de trabajar en la siguiente forma, debido a la gran cantidad de empresas existentes:

- a- Dictar cursos y conferencias para llegar con avance tecnológico a la gran masa de empresarios y técnicos.
- b- Dar asistencia integral a una o más empresas en cada localidad o región de la Provincia, para que ellos puedan servir a los demás como ejemplo. Esta asistencia debe ser continua y abarcar todos los campos desde lo financiero, mercado, tecnología, organización hasta ventas y cobranzas. Se debe tener especial cuidado en el aspecto de organización, ya que la mayoría de las empresas, son empresas de una sola persona o familia, o en general carecen de una organización industrial, ya

que el mismo dueño asume todas las funciones.

5.2.7. Debido al tamaño de las empresas el experto cree muy importante que el proyecto y la D.A.T. estudien la posibilidad de formar bolsas de subcontrataciones, para disminuir las inversiones, muchas veces imposibles y aumentar el rendimiento de las empresas y parque de máquinas instaladas.

Es conocido que la capacidad escasa del parque de máquinas llega a un porcentaje muy alto, lo que aumenta las inversiones y encarece los productos.

MINISTERIO DE HACIENDA Y
ECONOMIA DE LA PROVINCIA
DE SANTA FEORGANIZACION DE LAS
NACIONES UNIDAS PARA EL
DESARROLLO INDUSTRIAL (ONUDI)

Señor
 Director General de
 Cooperación Técnica Internacional
 Vcom. (R) JORGE BONNESSERRE
 S / D

De mi consideración:

Adjunto a Ud. las nuevas descripciones de funciones para los puestos del Proyecto ARG/78/004 - Asistencia Tecnológica para el Mejoramiento y Desarrollo de la Pequeña y Mediana Industria de la Provincia de Santa Fe.

- Puesto ARG/78/004/11-02: Experto en Tecnologías de Fundición en molde metálico.
- Puesto ARG/78/004/11-03: Experto en Diseño y Cálculo de Elementos de Máquinas y Equipos

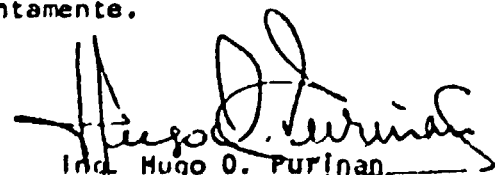
para ser cubiertos a partir del 1° de marzo de 1980.

Este pedido se motiva en las nuevas necesidades de nuestro Proyecto, ya que el experto Sr. John Shand, puesto 11-02, cumplimentó su tarea en el presente el 31-10-79, por lo tanto se comunica que el Sr. J. Shand debe tomar sus vacaciones a partir de dicha fecha de manera que el mismo pueda realizar con comodidad su traslado a otras misiones o a su país de origen o lo que el SR. Shand disponga.

El experto Sr. Remi Roggeman, puesto 11-03, concluye su misión el 27-2-80. Por lo tanto solicito a Ud. que la presente sea elevada a las autoridades del PNUD pertinentes.

En ambos casos los señores expertos deberán elaborar un informe final de su misión en el cual se refleje lo actuado y las recomendaciones futuras en el campo de acción en el que se desempeñaron.

Saluda a Ud. muy atentamente.


 Ing. Hugo O. Purinan
 Director Nacional de Proyectos

COMENTARIOS (INFORME FINAL)

EXPERTO: SR. REMI C. ROGGEMAN

PUESTO: 11-03 EXPERTO EN INDUSTRIAS METAL-MECANICAS

- Actividades a desarrollar
- Comentarios

ING. JUAN MANSO DE LAS MORAS
ASESOR TECNICO PRINCIPAL

ASIGNACION DE ACTIVIDADES

FUESTO: ARG/78/004/11-03

TITULO: Experto en desarrollo de la industria Metalmeccánica

ACTIVIDADES Y SUB-ACTIVIDADES

1.1- Capacitación de Contrapartes

- 1.1.1- Capacitación Técnica
- 1.1.2- Capacitación Práctica
- 1.1.3- Becas

1.2- Montaje y puesta a punto del Laboratorio Metrología

1.3- Estudios varios

- 1.3.1- Estudios previos de Sectores
- 1.3.2- Relevamiento de empresas
- 1.3.3- Problemática de Sectores
- 1.3.4- Diagnósticos
- 1.3.5- Programas de Racionalización

1.4- Asistencia Técnica

- 1.4.1- Asistencia directa en Planta para el mejoramiento de Procesos y Métodos de trabajo.
- 1.4.2- Diseño y Rediseño de productos
- 1.4.3- Estudios de implementación
- 1.4.4- Varios

1.5- Difusión tecnológica

- 1.5.1- Consultas
- 1.5.2- Documentos Técnicos
- 1.5.3- Cursos y Conferencias
- 1.5.4- Información bibliográfica

1.6- Normalización

- 1.6.1- Introducción del empleo de normas técnicas
- 1.6.2- Propuestas para el desarrollo de Normas nacionales
- 1.6.3- Observaciones a Normas existentes

COMENTARIOS DE LA LABOR DEL EXPERTO

Analizamos seguidamente las actividades realizadas por el experto durante su Misión.

1.1. Capacitación de contrapartes

Consideramos que la labor del experto en este campo ha sido muy buena. Su contraparte está continuando sólo la extensión tecnológica sobre todo en la rama de soldadura, en difusión tecnológica y en la asistencia técnica en planta.

1.2. Montaje y puesta a punto del laboratorio de metrología

Como el grueso del equipo de metrología ha llegado al término de su Misión, el experto desarrolló algunos casos prácticos de metrología y preparó listas de equipo necesarios para los laboratorios.

1.3. Estudios varios

Fueron realizados varios estudios que están incluidos en el Anexo del Informe Final.

Debido a que se consideró oportuno desarrollar intensamente la rama de la soldadura, el experto no dispuso de tiempo suficiente para realizar estudios más profundos.

1.4. Asistencia Técnica

El experto y su contraparte desarrollaron una intensa asistencia técnica en planta que sirvió principalmente para resolver problemas en las empresas y capacitar a su contraparte.

1.5. Difusión tecnológica

Esta actividad fue fuertemente desarrollada en todos sus puntos como puede apreciarse por los documentos incluidos en el Anexo. La preparación de los cursos, conferencias y documentos técnicos pudo realizarse gracias a la valiosa colaboración del contraparte del experto.

1.6. Normalización

Fue siempre preocupación del experto divulgar el empleo de normas técnicas.

Conclusiones

Considero que se cumplieron los objetivos de la Misión.

Nota: Dentro del punto 5 "Conclusiones y Recomendaciones" del Informe Final del experto, el mismo hace algunas afirmaciones que considero no son de su incumbencia.

ANEXOS (INFORME FINAL)

with
09637

EXPERTO: SR. REMI C. ROGGEMAN

PUESTO: 11-03 EXPERTO EN INDUSTRIAS METAL-MECANICAS

1.3. ESTUDIOS VARIOS

ESTADO TECNOLÓGICO DE LA SOLDADURA EN LA PROVINCIA DE SANTA FE

1. ALCANCE DEL TRABAJO
2. EQUIPOS DE SOLDADURA
 - 2.1. IMPORTANCIA DEL PROCESO DE SOLDADURA
 - 2.2. CLASIFICACION
3. CARACTERISTICAS DE LA MANO DE OBRA
 - 3.1. OPERARIOS ALTAMENTE CALIFICADOS
 - 3.2. OPERARIOS CALIFICADOS
 - 3.3. OPERARIOS
 - 3.4. SUPERVISORES
 - 3.5. INSPECTORES
4. NIVEL TECNOLÓGICO ACTUAL EN LA PEQUEÑA Y MEDIANA INDUSTRIA
5. CONTROL DE CALIDAD
 - 5.1. CONTROL GENERAL
 - 5.2. CONTROL ESPECIFICO
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
 - 6.1. EQUIPOS
 - 6.2. NIVEL TECNOLÓGICO Y CAPACITACION

ESTADO TECNOLÓGICO ACTUAL DE LA SOLDADURA EN LA PROVINCIA DE SANTA FE

1. ALCANCE DEL TRABAJO

Al referirnos al proceso de soldadura en la Prov. de Santa Fe, nos limitamos a considerar únicamente a las Pequeñas y Medianas Industrias de la Provincia que emplean este proceso. Con ello pretendemos evaluar el estado tecnológico de la soldadura en este sector industrial que por otro lado representa la mayor parte (en número) de la industria provincial.

Otro de los límites impuestos nos lleva a considerar solamente la soldadura por arco eléctrico utilizada como proceso productivo. Por lo tanto, no se han considerado las soldaduras y los equipos utilizados para reparaciones que se encuentran en las secciones de mantenimiento de las respectivas industrias.

Dentro de esta evaluación, se han relevado industrias que producen para distintos rubros del mercado, como son:

- Máquinas e implementos agrícolas
- Acoplados y semiremolques
- Maquinaria e implementos viales
- Maquinaria para la industria alimenticia
- Máquinas herramienta
- Calderas y compresores
- Equipos eléctricos (motores, transformadores, etc.)

de distintas localidades tales como: Carcarañá, Colonia Belgrano, Gálvez, Las Parejas, Roldán, Rosario, San Lorenzo, Santa Fe y Venado Tuerto.

A pesar de las limitaciones impuestas, el trabajo puede ser considerado como representativo del sector soldadura ya que el número de encuestas efectuadas es elevado y, por otro lado, confirma algunas expectativas que habían surgido al proponerlo.

2. EQUIPOS DE SOLDADURA

2.1. IMPORTANCIA DEL PROCESO DE SOLDADURA EN LA INDUSTRIA METAL-MECANICA

2.1.1. A través de la comparación de los porcentajes de maquinarias instaladas en las pequeñas y medianas industrias de la Provincia se puede establecer la importancia de la soldadura en los procesos de fabricación:

Tornos	18%
Soldadura	16%
Taladros	15%
Otros	

Como se puede observar, el rubro de soldadura ocupa el segundo lugar en la clasificación, solamente superado por la máquina más difundida en la construcción mecánica: el torno. Esto es indicativo de la gran importancia que revisten los trabajos de soldadura los que, en general, son subestimados por desconocer su importancia en el proceso constructivo en general.

2.1.2. En el punto 1 del presente trabajo, se incluyó una lista de los rubros que fueron tomados en cuenta en el relevamiento para una evaluación del sector. Estos rubros representan la casi totalidad de la producción de la pequeña y mediana industria:

A pesar de no tener cifras concretas, se puede afirmar que en la Pequeña y Mediana Industria de la Provincia, las fabricaciones incluyen en su proceso productivo, alrededor de un 50% de elementos realizados por soldadura.

2.1.3. Debido a ésto, es por lo que se debe enfatizar sobre la importancia de este sector, ya que la mitad de los trabajos son realizados por procesos de soldadura, para los cuales, es necesaria una importante cantidad de equipo (16% del total de equipos utilizados en producción).

De lo mencionado anteriormente, se desprende la importancia de esta ra

ma de producción y que, tal vez por falta de información o desconocimiento, está relegada a los últimos planos, no otorgándosele por ende, la importancia que se merece.

2.2. CLASIFICACION

La composición del parque de equipos usados en fabricación en la Provincia responde al siguiente cuadro en el que han sido clasificados según su tipo y campo de trabajo:

Tipo	%
Transformadores CA	30
Grupos convertidores CC	26
Rectificadores CC	20
MIG-MAG	20
TIG	3
Arco Sumergido	1

2.2.1. TRANSFORMADORES (30%)

El gran número de transformadores usados en la industria se debe a que en las empresas se consume un gran porcentaje de acero de baja aleación que mediante la utilización de electrodos rutilicos aplicados con un transformador (CA) permite obtener resultados satisfactorios.

Además, y dado el bajo costo de inversión, el transformador es la primera máquina de soldar que se adquiere en una industria incipiente.

2.2.2. GRUPOS CONVERTIDORES (26%)

Una vez que las empresas se convencen de la importancia que revisten los trabajos de soldadura y en el afán de lograr una mejor calidad, tienden a reemplazar los transformadores por convertidores que permiten, no sólo elevar la calidad de los cordones sino también soldar todo tipo de metales con todo tipo de electrodos.

2.2.3. RECTIFICADORES (20%)

La tendencia, ya detectada en el punto 2.2.2. se confirma con el porcentaje de este grupo que puede ser considerado como la nueva generación de máquinas de corriente continua.

El conjunto de máquinas CC (grupos convertidores y máquinas rectificadores) representa casi la mitad (46%) de los equipos. Eso indica que los industriales están conscientes de la importancia de la soldadura y preocupados por su calidad. En este sentido, se utilizan electrodos que responden a dichas calidades (básicos de bajo porcentaje de hidrógeno).

2.2.4. MIG-MAG (20%)

De reciente incorporación en el mercado local. No obstante esto, han alcanzado gran importancia ya que permiten la obtención de una alta calidad con bajo costo y gran rendimiento.

2.2.5. TIG (3%)

El bajo porcentaje de utilización de este tipo de equipo se debe principalmente al desconocimiento de sus posibilidades. Se ha generalizado su uso en soldaduras de acero inoxidable y metales no ferrosos pero se desconoce su aplicación en aceros de baja aleación.

Ultimamente, dadas las exigencias de ciertos trabajos especiales, se debe recurrir a este proceso en el cordón de raíz de cordones muy exigidos y controlados. En vista de lo expuesto, se prevé una mayor difusión del proceso TIG a corto plazo.

2.2.6. ARCO SUMERGIDO (1%)

El comparativamente reducido porcentaje de utilización de este proceso se debe fundamentalmente a la naturaleza de los trabajos en que se aplica. Por tratarse de un proceso, en general automatizado, se emplea en

grandes series de piezas de espesores y cantidades superiores a los que normalmente caracterizan a la producción de las pequeñas y medianas industrias.

3. CARACTERISTICAS DE LA MANO DE OBRA

3.1. OPERARIOS ALTAMENTE CALIFICADOS

Ante la inexistencia de una clasificación técnica a nivel nacional algunas grandes empresas, tal el caso de Gas del Estado y empresas petrolíferas, han formulado sus propias normas para la clasificación de su personal a nivel de operarios. La clasificación resultante es similar a la propuesta por American Welding Society.

Las exigencias impuestas, en fecha reciente, por las firmas constructoras de las plantas nucleares han obligado a las empresas subcontratistas a realizar la correspondiente clasificación de su personal, cuya idoneidad, es posteriormente avalada por la firma encargada originalmente de la realización del trabajo.

3.2. OPERARIOS CALIFICADOS

En reducido número de soldadores han estudiado distintos temas teóricos o recibido entrenamiento en algunas técnicas específicas, fundamentalmente orientadas a la utilización de un determinado equipo.

3.3. OPERARIOS

El entrenamiento de los operarios se realiza en las mismas empresas y tiene un carácter eminentemente práctico. Tal enfoque, impide a los operarios la asimilación de conocimientos a nivel teórico o de base. El desconocimiento de los fenómenos que se dan en el desarrollo de su labor obstaculiza la eventual corrección de errores en la graduación de la máquina o en la selección de electrodos para la realización de un trabajo determinado.

En general, sus conocimientos se limitan a trabajos de rutina sin mayor exigencia de calidad y con técnicas aceptables en soldadura con electrodos rutilicos.

3.4. SUPERVISORES

Los supervisores son, en su mayoría, operarios del mejor nivel o técnicos con cierta práctica en la materia. Las limitaciones por desconocimiento de los principios teóricos y de los métodos de control les impide evaluar críticamente los trabajos que sólo son juzgados por su apariencia externa.

Cabe destacar que la falta de interés por los trabajos de soldadura, considerados de secundaria importancia, lleva a los supervisores a menoscabar su realización por no estar técnicamente a su altura.

3.5. INSPECTORES

En la actualidad, el Instituto Nacional de Ensayos No Destructivos está estudiando una reglamentación para la clasificación de inspectores en calidad y procesos de soldadura.

4. NIVEL TECNOLÓGICO ACTUAL EN LA PEQUEÑA Y MEDIANA INDUSTRIA

La base teórica de los procesos es virtualmente desconocida en gran parte por los operarios ya que tienen sólo conocimientos empíricos.

La carencia de aparatos de medición de intensidad y voltaje en las máquinas trae aparejada la necesidad de efectuar la regulación de las mismas simplemente según el mejor criterio de los operarios con los subsecuentes errores que caracterizan a procedimientos de esa naturaleza.

El desconocimiento de la importancia del hidrógeno en la soldadura al igual que sus nefastas consecuencias lleva, en muchos casos, a un incorrecto almacenamiento de los electrodos.

La falta de cuidados y/o conocimientos acerca de las deformaciones y tensión

nes internas son responsables de la mala calidad de los trabajos de soldadura.

El desconocimiento de nuevos procesos o la insuficiente información acerca de su aplicación son causal de la incorrecta utilización o aún más, de su no utilización.

El incorrecto estudio del diseño de las juntas al igual que su deficiente fabricación traen aparejados cordones de soldadura insuficientes o sobrecargados.

En general, el nivel tecnológico de la aplicación de la soldadura tiene sus deficiencias, pese a que las empresas cuentan con equipos adecuados y el mercado de consumibles es bastante surtido.

5. CONTROL DE CALIDAD

5.1. CONTROL GENERAL

Existe una relación directa entre la calidad de las soldaduras y las exigencias del cliente pero dado que, en general, el nivel de exigencias es bajo, los fabricantes se limitan a "soldar" sin especificar las normas a que responden los cordones. Sólo se requiere que las soldaduras tengan una apariencia aceptable y, por razones de seguridad, los cordones tienden a ser largos y recargados; es evidente, que este procedimiento tiende a encarecer significativamente los productos.

5.2. CONTROL ESPECIFICO

En nuestro medio se ha generalizado un concepto erróneo en lo concerniente a controles de las piezas soldadas: se cree que se deben utilizar equipos caros y complejos y, salvo un grupo de empresas que, por la naturaleza de sus trabajos, se ven obligadas a realizar cierto tipo de controles, la mayoría prescinde de los controles o si los realiza, sólo lo hacen basándose en el control ocular del operario y aún así, en forma esporádica.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. EQUIPOS

La variada composición de los equipos instalados es muy aceptable ya que incluye un gran número de equipos modernos y de reciente difusión.

El difícil acceso y, en algunos casos, la falta de información técnica ocasiona una subutilización o una utilización errónea de los equipos. A menudo, el industrial define la adquisición de nuevos equipos sobre la base de la información que le ha brindado el vendedor y sin tener en cuenta factores tan primordiales como son: una correcta adecuación a las necesidades de la empresa, la rentabilidad de la inversión y el máximo rendimiento y mejor calidad.

Actualmente se tiende a automatizar al máximo los trabajos de soldadura a fin de optimizar la calidad y evitar el factor humano en el proceso. Esto implica una mayor inversión dada la mayor complejidad de los equipos al igual que una información precisa sobre los equipos y su utilización a fin de seleccionar los equipos más adecuados según las características de los trabajos a realizar. Se recomienda asesorarse debidamente antes de comprar equipos.

6.2. NIVEL TECNOLÓGICO Y CAPACITACION

El nivel tecnológico depende no sólo de los equipos sino también de los conocimientos en la materia. Dichos conocimientos, a nivel de operarios, técnicos, supervisores e ingenieros, deberían estar acordes con el grado de importancia que este campo reviste dentro del proceso de fabricación.

A fin de tender a lograr una elevación gradual de sus conocimientos se deberían implementar cursos que les permitan adquirir las bases al par que motivarlos para lograr una optimización de la producción.

La materia soldadura debería formar parte del plan de estudios de escue

las técnicas y universidades con una intensidad de clases teóricas y prácticas que esté acorde con la difusión que le corresponde en el proceso de producción.

Se debería fomentar la creación de centros de consultas para los interesados en profundizar sobre el tema y sería conveniente dictar cursos y conferencias de actualización sobre técnicas, equipos, procesos y consumibles.

6.3. Como este trabajo demuestra que existe una gran necesidad de información y capacitación, hay que destacar la labor que diversas entidades están realizando para suplir esta falencia.

6.3.1. La Dirección General de Asesoramiento Técnico a través del Proyecto ONUDI ha realizado ya varios cursos prácticos a nivel operario en Rosario y en diversas localidades de la Provincia, además de ciclos de conferencias de actualización.

También esta Dirección atiende consultas formuladas por industriales y tiende a disposición de éstos, informes técnicos sobre temas puntuales del ramo de soldadura. Además, a través de sus laboratorios se encarga de los controles de calidad, solicitados por las empresas.

6.3.2. El Consejo Nacional de Educación Técnica, conjuntamente con CARITAS, dicta cursos de capacitación para operarios de Soldadura con electrodos revestidos.

La especialización de estos alumnos en la ciudad de Rosario, en técnicas de soldadura semi-automática, será dictada en la Dirección General de Asesoramiento Técnico.

6.3.3. En la Universidad Tecnológica Nacional, Regional Rosario, se dicta un curso post-grado de dos años de duración otorgando el título de Ingeniero en Soldadura.

6.3.4. PARTICULARES

En la ciudad de Rosario, una firma fabricante de consumibles, en conjunto con una firma fabricante de equipos desarrollan cursos prácticos para la capacitación de operarios en los procesos de soldaduras.

Este trabajo es la conclusión del informe del sector soldadura en la Pequeña y Mediana Industria de la Provincia de Santa Fe realizado por el Experto REMI C. ROGGEMAN del Proyecto ONUDI Arg 78/004 y por el Sr. Leonardo Ameriso, contraparte del experto, perteneciente a la Dirección General de Asesoramiento Técnico del Ministerio de Hacienda y Economía de la Provincia, quienes estuvieron analizando este campo por espacio de un año a través de visitas de asistencia técnica y relevamiento.

1.3. ESTUDIOS VARIOS

RESULTADOS DEL ESTUDIO DEL SECTOR MAQUINAS HERRAMIENTAS

1. GENERAL
2. DISTRIBUCION DE PLANTAS Y EDIFICIOS
3. PARQUES DE MAQUINAS USADAS
4. PERSONAL Y TAMAÑO DE EMPRESAS
5. DIVERSIDAD DE PRODUCCION
6. CONCLUSIONES GENERALES

RESULTADOS DEL ESTUDIO DEL SECTOR MAQUINAS HERRAMIENTAS

1- GENERAL

El sector de fabricantes de máquinas herramientas es muy reducido en la Provincia. Además muchos fabricantes que aún figuran en la cámara correspondiente han, debido a la situación económica general, cambiado a otros productos y/o servicios dejando de lado la fabricación de máquinas herramientas.

La competencia de maquinaria importada acelera este cambio, ya que la clientela prefiere maquinaria importada por su calidad, diseño y precisión.

Respecto a la calidad se observó que los controles son mínimos y que no se ejecutan los controles según normas internacionalmente aceptadas.

Debido a la poca producción los costos son muy altos lo que hace que no hay exportación posible.

El diseño, en general, pertenece a una generación pasada, y aunque los fabricantes conocen la tecnología aplicada actualmente, les resulta imposible económicamente cambiar su producción, ya que un cambio implica un gasto excesivo que no se puede cubrir por las cantidades producidas.

El rubro representó un 12 % del total de sector metal-mecánica y se puede estimar que en la actualidad ha bajado para ocupar aproximadamente un 5 o 6 %.

El cuadro \neq 1 muestra la lista de las empresas encuestadas y su localización.

2- DISTRIBUCION DE PLANTA Y EDIFICIOS

En general las edificaciones en las cuales funcionan las industrias no son

construidas para tal fin y resultan inadecuadas. Debido al receso del sector los empresarios no estan en condiciones de mejorar las edificaciones o construir nuevas plantas.

La distribución de planta en general no es la óptima, debido a la variación continúa de la producción.

3- PARQUES DE MAQUINAS USADAS

En las 12 empresas encuestadas se encontraron un total de 264, de las cuales aproximadamente un 11 % son relativamente nuevas y de tecnología reciente.

Un 65 % del parque de máquinas tiene más de 10 años, y aunque se conserve en buen estado, es difícil de admitir que este grupo aun conserve la exactitud correspondiente a la fabricación de máquinas herramientas, que se consideren de alta precisión.

4- PERSONAL Y TAMAÑO DE EMPRESAS

Es difícil opinar sobre el nivel técnico y tecnológico del personal, así que nos limitamos a considerar la cantidad.

Sobre un total de 189 operarios se contó 38 personas administrativas, lo que nos da una relación 5/1, lo que es aceptable.

El grupo de fabricantes de máquinas herramientas encuestados se deben considerar con empresas pequeñas, lo que queda demostrado en el cuadro VI.

Difícilmente se puede hablar de pequeña y mediana industria, ya que apenas 1 de 12 pasa los 50 operarios.

El índice de productividad de las máquinas se deduce de la relación que hay 264 máquinas instaladas por un total de 189 operarios.

Si de estos 189 personas descontamos la mitad que no usan máquinas para su trabajo (maritadores, pintores, aseadores, servicios generales) llegamos a la conclusión que para las 264 máquinas hay más o menos 90 personas o sea 3 máquinas por operario, o al revés se puede deducir que de cada 3 máquinas dos no están en producción.

5 - DIVERSIDAD DE PRODUCCION

En 12 empresas se producen 73 productos diferentes o sea en promedio 6 productos por empresa.

Teniendo en cuenta que aquí se trata de pequeñas empresas se debe considerar que este número de productos es excesivo, lo que implica:

- que se trabaje con muy poca programación.
- que se fabrican piezas y máquinas únicas: lo cual baja la calidad y aumenta los costos.
- no hay operarios especializados
- disminuye la productividad.

6 - CONCLUSIONES GENERALES

- La fabricación de máquinas herramientas en la Provincia es muy poca y está en manos de muy pequeñas empresas, que en general no disponen del personal técnico adecuado para este ramo.
- Las edificaciones son inadecuadas para su uso y el "Lay - out" de las

plantas no tiene ninguna coherencia.

- El parque de máquinas no tiene ni la exactitud, ni la productividad requerida por esta clase de fabricación.
- No se puede hablar de "empresa" más bien se debe hablar de "talleres" / donde una sola persona diseña, calcula, proyecta y produce, ayudado por algunos operarios de pocos conocimientos técnicos.
- El control de calidad es inexistente según normas internacionales y la precisión de la producción no es la que se debe esperar de una "máquina herramienta".

NOTA:

Se agrega un artículo del seminario "Mundo Metalúrgico" de Diciembre 1979 referente al mismo tema.

C U A D R O I

EMPRESA	PERSONA ENTREVISTADA	CARGO	LOCALIDAD
Novillo Hnos	Nestor Novillo	Dueño	Santo tomé
Oma	Ing. Marin	Gerente Prod.	Santa Fe
Inturopse	Hector Inturopse	" "	Rosario
Schneider y Delle Vedove	C. Schneider	Dueño	Rosario
Herfil	Sotille	Dueño	"
Litoral	L. Diaz	Ingeniero	"
Nunez Hnos	J. Nunez	Dueño	"
Comolli Hnos	S. Comolli	"	"
Mairano Hnos	A. Mairano	"	"
Rada	N. Rada	"	"
Sinquet	Dino Sinquet	"	Colonia Belgrano
Romano	C. Carrera	Gerente	Galvez
Valmaire		Dueño	Rosario
May			Rosario
Cerweny	O. Cerweny	Dueño	Salvaz
Tauro			Rosario

CUADRO II

EDIFICIO LAY-OUT	MB	B	R	I
MB				
B	1	3	1	2
R		1	5	1
I			1	1

MB : muy bueno

B : bueno

R : regular

I : inexistente

C U A D R O I I I

EQUIPAMIENTO GENERAL

GRUPO I : ARRANQUE DE VIRUTA

Tornos	70
Fresadoras	20
Limadoras	18
Cepillo portico	10
Taladros	48
Amoladoras	20
Creadoras	4
Rectificadores	11
Serrucho mecánico	14
Mortajadora	9
Alesadoras	6
Afiladoras herramientas	3

GRUPO II : DEFORMACION

Prensas hidráulicas	4
---------------------	---

GRUPO III : CORTE

Equipo oxi-corte	9
------------------	---

GRUPO IV : SOLDADURA

Equipos de soldar	18
-------------------	----

TOTAL MAQUINAS : 264

CUADRO IV

ANTIGUEDAD DE EQUIPOS

Entre 0 y 5 años	11 %
" 5 y 10 "	24,5 %
" 10 y 15 "	26,5 %
" 15 y más "	38 %

CUADRO V

ESTADO DE CONSERVACION DE MAQUINAS

Bueno	71 %
Regular	26,5 %
Malo	2,5 %

CUADRO VI

RELACION : PERSONAL

	PROD.	ADM.	TOTAL
	30	3	33
	35	8	43
	12	1	13
	14	2	16
	3	1	4
	4	1	5
	48	12	60
	12	3	15
	5	1	6
	19	5	24
	7	1	8
TOTAL	189	38	227

RELACION : Pers. prod. : 5
 Pers. Adm. 1

CUADRO VII

TAMAÑO DE EMPRESAS

a)	<u>OPERARIO</u>	<u>Nº EMPRESAS</u>
	Entre 0 - 10	4
	11 - 20	3
	21 - 30	1
	31 - 40	1
	41 - 50	1
	51 - 60	1

b)	<u>OPERARIO</u>	<u>Nº EMPRESAS</u>
	0 - 50	10
	51 - 100	1

CUADRO VIII

NUMERO DE PRODUCTOS POR EMPRESA

<u>EMPRESA</u>	<u>Nº DE PRODUCTOS</u>
-	4
-	3
-	9
-	6
-	13
-	8
-	6
-	5
-	2
-	2
-	6
-	1
12	73

RELACION : $\frac{\text{Nº prod.}}{\text{emp.}}$: $\frac{6}{1}$

CUADRO IX

PRODUCTOS

OMA	Tornos paralelos
SCHNEIDER Y DELE VEDOVE	Garlopas - tupies - sierras circulares - escuadradoras - cepilladores - barrenadoras - carros
HERFIL	Fresas - limas
LITORAL	Prensas hidráulicas
COMALLI	Amoladoras Morsas para máquinas
MAIRANO	Perforadoras de columnas
RADA	Cepilladoras
SINQUET	Taladros de banco y de pedestal
ROMANO	Balancines Serruchos mecánicos e hidráulicos
NOVILLO	Balancines para perfiles de aluminio

PERSPECTIVAS EN EL SECTOR DE MAQUINAS-HERRAMIENTA

Sugieren la necesidad de "diálogos esclarecedores"

Durante la cena anual que realizara la Cámara Argentina de Fabricantes de Máquinas-Herramienta, Accesorios y Afines, su presidente el Sr. Israel Mahler, hizo uso de la palabra, expresando las necesidades de "un diálogo esclarecedor que ayude en algún momento a la toma de decisiones que realmente favorezcan a la industria nacional".

Conceptos del señor Israel Mahler:

Como ya es tradicional nos hemos reunido para augurarnos un mejor año. En esta oportunidad este sincero y cordial deseo encierra la aspiración de que así sea, pues 1979 ha sido para el sector un año de dura prueba al desgarnecerlo abruptamente de la escasa protección efectiva que exhibía frente a la competencia extranjera.

A esta altura de los acontecimientos y ante la magnitud de los hechos no resultan útiles los

inventarios de inconvenientes ni las letanías.

Entendemos que debemos asumir con responsabilidad hacia el país y la sociedad el momento que nos toca vivir, con la esperanza puesta en justas y todavía oportunas rectificaciones.

Debemos adoptar medidas de conservación para el sector a los efectos de disminuir al mínimo el daño, evitando por todos los medios la lesión irreversible.

El país necesita de una fuerte industria de Máquinas-Herramienta; esto que dicho hoy parece una broma de humor negro, es una afirmación basada en la realidad histórica de las naciones que no claudican en su desarrollo y engrandecimiento.

Por ello debemos conservar intactas nuestras estructuras fabriles tanto en lo que hace a personal especializado y calificado, como en lo que se refiere a equipo.

Sugerimos para hacer frente a la reducción del mercado interno y dificultades para exportar:

- Revisar las líneas de productos enfatizando en aquellos modelos que sean colocables y ofrezcan rentabilidad.

- Aprovechar la especialización para evaluar la estructura de costos por vía de un concienzudo análisis de valor.

- Unir esfuerzos entre colegas para compartir experiencias, consolidar compras y/o importaciones, discutir programas con docentes a realizar tareas de beneficio común aprovechando lo mejor de cada infraestructura empresaria.

- Usar efectivamente al CIMHER, valiosa herramienta que el INTI, CAFHIM y CAFMHA han creado para perfeccionar y mejorar tecnológicamente al sector. CIMHER cuenta con un excelente equipamiento y profesionales capacitados a disposición de ustedes y vuestros usuarios.

Durante 1980 incorporará valiosas maquinarias e instrumentos que darán sus frutos a través de la investigación y la capacitación.

En pocas palabras, si una vez más somos capaces de actuar con rapidez y realismo podremos mantener dignamente en actividad nuestros talleres a la espera de mejores tiempos que sin duda han de llegar.

En el aspecto gremial empresario es necesaria una mayor presencia activa de todos ustedes para colaborar en las tareas de CAFMHA, así no sólo habrá un mayor acercamiento entre colegas sino que se percibirá con mayor nitidez por qué la Cámara no puede ser Gobierno, ni dotentar un Ministerio, conducir una Secretaría y mucho menos dictar resoluciones favorables

para el sector y frenar las que no lo son.

En cambio desde la Cámara se puede continuar con el diálogo esclarecedor que ayude en algún

momento a la toma de decisiones que realmente favorezcan a la industria nacional.

Es probable que el próximo año nos sea dada la posibilidad

de elegir nuevas autoridades para la Cámara, es necesario agregar nuevas fuerzas para continuar con la tarea institucional que será ardua y de cuya efecti-

vidad dependerá en mucho el futuro del sector.

Estimados colegas brindemos por un futuro mejor, con paz, seguridad y prosperidad.

1.3. ESTUDIOS VARIOS

MANUAL PARA LA ORGANIZACION DE PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS

1. GENERAL
2. PRODUCTIVIDAD O RENDIMIENTO DE LA EMPRESA
3. CAPACIDAD OCIOSA DEL EQUIPO INSTALADO
4. CONTROL DE PERSONAL
5. PROGRAMACION
6. CONTROL DE CALIDAD
7. COMPRAS
8. COSTOS
9. DIRECCION Y ORGANIGRAMA
10. MEJORAMIENTO TECNOLOGICO

MANUAL PARA LA ORGANIZACION DE PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS.

1- General.-

Como en general las pequeñas y las medianas empresas tienen su origen en el deseo de un individuo (operario o técnico) de trabajar independiente y quien con el fruto de su trabajo y esfuerzo logra convertir este sueño en realidad, suele carecer de una infraestructura industrial adecuada a esto que a hora de taller individual se ha convertido en empresa industrial y el fundador lo sigue manejando como taller artesanal, haciendo inversiones poco estudiadas, siguiendo un ritmo de crecimiento indicado por los pedidos actuales, efectuando los trabajos con la misma tecnología de hacía años, y que el empresario, por su ocupación no tiene tiempo de ilustrarse e informarse de los progresos tecnológicos.

Como el empresario hace la tarea de todas las funciones que deberían existir en la empresa no le queda tiempo para desarrollar ninguna de ellas en forma adecuada, ya que su presencia es requerida en todos los lugares a la vez: mientras que atiende a un futuro cliente, debe atender consultas técnicas de los operarios, comprar o encargar material faltante, etc., con el resultado que no atiende bien al cliente, ni da el consejo exacto al operario ni compra el material exacto al menor precio.

Todos estos problemas pueden ser solucionados si el empresario organiza su pequeña industria en forma industrial por lo cual se analiza un punto importante pero aparte como se debe ver la problemática y encontrar soluciones que esten al alcance del empresario.

2- Productividad o rendimiento de la empresa:

Cada empresario está convencido que su empresa aunque le da buenos resultados no se está aprovechando al máximo y en general no encuentra el método sencillo para calcular el rendimiento de su empresa.

Un método sencillo para comprobar la efectividad de una fábrica puede ser el siguiente:

1. Se suma durante un cierto período de tiempo (semana-mes-trimestre-semestre) las horas normales y extras pagadas efectivamente al personal productivo: p. ej., una planta de 3 capataces y 25 operarios.

.Se trabajan 48 horas semanales, o sea 200 horas mensuales.

.Total de horas por mes 200×25 : 5000 h/hombres

.Además se trabajan 490 horas extras

.Total horas mes: 5490

2. De lo facturado durante el mismo período se deducen las horas cobradas:

Ej: 4 máquinas (cada una requiere 225 horas) o sea 900 horas

6 máquinas (cada una requiere 120 horas) o sea 720 horas

18 máquinas (cada una requiere 100 horas) o sea 1800 horas

Además en repuestos y partes se cobra el equivalente

de 540 horas

TOTAL 3960 horas

$$\text{Rendimiento de la planta: } \frac{3960}{5490} = 0,72$$

Puede surgir la dificultad de desconocer el número exacto de horas de fabricación de cada producto, pero, de común acuerdo entre los supervisores,

operarios y encargados de producción se puede efectuar un cálculo aproximado de las horas. Este resultado es, además, la base de los cálculos de costo de los productos. De la comparación anterior se deduce que si el rendimiento es inferior al 100 % se puede deber a las siguientes causas:

1. Mala estimación de las horas necesarias para cada producto (este problema será tratado en profundidad más adelante)
2. Bajo rendimiento del personal por:
 - falta de material y materia prima en el lugar de trabajo en el momento exacto (el operario pierde tiempo en buscar los materiales y/o herramientas para la ejecución de su tarea)
 - falta de coordinación: un operario debe esperar hasta que otro finalice para poder proseguir su tarea.
 - falta de supervisión y programación de los trabajos

Para aumentar la productividad de una planta hay que programar y controlar a todo el personal, inclusive los administrativos, encargados de compras y ventas.

Naturalmente que hay que tener en cuenta las causas fortuitas que ocurren siempre en una empresa: p.ej., un corte de la fuerza motriz, una avería en una máquina, etc.

También esto nos da directamente una idea del estado de conservación de equipos, del mantenimiento, etc.

Este pequeño cálculo, ajustado a lo que realmente está pasando en la empresa nos dá los índices donde está fallando la empresa y donde tenemos que actuar y organizar para mejorar la productividad.

Hay que tener en claro que para aumentar la producción no siempre es necesario comprar más equipos de producción y/o aumentar el número de operarios, muchas veces basta con aprovechar mejor los equipos existentes y ordenar los trabajos de tal forma que los operarios pueden rendir mejor.

3- Capacidad ociosa del equipo instalado.-

En base de los cálculos del punto anterior se determina la cantidad de horas dedicada a cada producto.

Ahora vamos a analizar más en detalle este número de horas y repartir entre las diferentes máquinas usadas en el proceso de fabricación según el cuadro siguiente:

	Torno	Soldadura	Cizalla	Plegadora etc.	
Producto # 1	18	12	2	4	
" # 2	32	48	4	16	
" # 3	6	10	8	2	
Total	56	70	14	22	

El resultado de este cuadro hay que compararlo con el tiempo disponible en la siguiente forma, para la cual ponemos unos valores hipotéticos.

Suponemos que los tres productos se fabricaran en una semana, dentro de la cual se trabajó 45 horas:

- Torno :_si disponemos de un solo torno debemos prevenir 11 horas extras para poder cumplir la programación.

_si disponemos de dos tornos podemos aceptar trabajos en este ramo

de terceros, ya que dos tornos nos dan 90 horas de las cuales únicamente utilizaremos 56 o sea si no trabajamos para terceros tenemos una capacidad ociosa en torno de 34 horas semanales, que es aproximadamente un 30 % de la capacidad instalada. Este tiempo que la máquina no está produciendo nos encarecen los productos por inversión no aprovechada y horas pagadas sin producción.

Este análisis debemos hacer por cada una de las máquinas y tratar de aprovechar la capacidad total de cada máquina sea por recibir trabajos de terceros o diseñar y producir otros productos que llenen este tiempo no aprovechado.

4- Control de personal.-

Es fácil de entender si no damos órdenes completas, materiales y herramientas necesarias a los operarios, estos no pueden rendir el 100 %. Además es de conocimiento general que cualquiera que sea el trabajo que se desempeña se lo hace mejor cuando se sabe que hay un control sobre la calidad y cantidad del trabajo efectuado. Estas son las dos reglas principales para conseguir un buen rendimiento del personal, y crear en cada uno de los operarios un concepto de responsabilidad y orgullo sobre sus prestaciones. Un elogio resulta muchas veces más alentador para un trabajador que una compensación monetaria.

En las pequeñas y medianas industrias que trabajan sobre pedido, es decir no producen en serie, o que producen varios productos diferentes, es realmente difícil realizar el control de la productividad del personal.

El principio de éste consiste en saber dar órdenes y hacerlas cumplir y realizar los controles correspondientes.

Una orden dada a un operario debe ser completa y clara y el instructor debe asegurarse que el operario tenga los medios y herramientas para cumplirla.

El caracter de "completo" de una orden consiste en entregar toda la información necesaria para la realización del trabajo al par que el material y las herramientas juntamente con la explicitación del tiempo disponible para la finalización de la tarea y, una vez terminado este, el plazo para la entrega del producto.

La confección de un cuadro como el que se detalla a continuación puede resultar de gran utilidad para quienes se ocupan de las operaciones de control y para los encargados de la estimación de los costos a fin de determinar las horas de cada producto.

SECCION	SEMANA de a										
	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO
	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM
N.N.	pintor 10-x										
N.N.											

En este cuadro el encargado de la sección anota con anticipación (de hoy para mañana) la tarea y el tiempo disponible para su realización de que dispone cada operario al par que controlar de que disponga de los elementos ne

cesarios y, una vez cumplimentado, recibir el trabajo controlando calidad y cantidad.

Este cuadro resulta de utilidad en la programación de los trabajos y nos garantiza que cada operario tiene asignado una labor específica para cada momento.

Sobre la base de que cada capataz tiene entre 3 y 10 operarios, el llenado de este cuadro no requiere demasiado tiempo y favorece la interrelación entre las diferentes secciones. El encargado de la producción debe exigir y controlar el cuadro y el mejor resultado se obtiene cuando, al finalizar la jornada de trabajo, se reúnen los encargados y capataces y en conjunto elaboran el del día siguiente.

5- Programación:

Las empresas que trabajan sobre pedido y por lo tanto fabrican una gran variedad de productos manifiestan que les resulta imposible realizar una programación. Esta imposibilidad revela que en ciertas épocas la productividad baja considerablemente por la mano de obra ociosa y en otras épocas, a fin de cumplir con los compromisos contraídos, deben trabajar horas extras.

La realización de un análisis de las ventas durante un período relativamente largo(1 a 2 años) puede demostrar cierta periodicidad en algunos productos al par que determinar la época más adecuada para el otorgamiento de las vacaciones anuales.

Se efectúa el análisis de cada producto en relación con el cúmulo de ventas y, en el caso de que se haya vendido la totalidad de un determinado pro-

ducto, se deberá especificar la razón.

	EN	FE	M	A	MY	JN	JL	A	S	O	N	D	TOT.	PROM.
PROD. X	6	7	4	2	-	-	-	2	3	2	4	6	36	3
PROD. Y	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	24	2
PROD. Z	-	1	1	2	2	2	6	4	2	3	1	-	24	2
PROD. X ₁	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-		

En el ejemplo anterior resulta evidente que el producto "x" se fabricó con relleno y tras un análisis del cuadro se infiere que hubiera sido mejor decretar vacaciones en los meses de abril y mayo.

En lo que hace a los meses que están por encima del promedio se deberá revisar si se trabajaron horas extras o no ya que esto puede incidir en un aumento de la productividad. En base a los datos anteriores se puede hacer una programación del 75 al 80 % de la producción.

Un cuadro similar puede confeccionarse para los repuestos y partes vendidas llevando la programación de acuerdo con los resultados de éste.

Una vez determinado lo que se va a producir se debe contemplar la financiación del programa, coordinar las compras y distribuir los trabajos para poder cumplir lo programado. La programación debe reflejarse en los cuadros de control de personal.

Los programas se hacen por períodos cortos, p.ej., por semana, por mes. Por es

te se calcula el número de horas disponibles: se trabaja por y horas semanales = z; número de máquinas a fabricar por horas por máquinas debe ser a proximadamente igual o algo menos que z.

6- Control de calidad.-

Como en las pequeñas empresas no existe un departamento, ni en muchos casos un encargado del control de calidad, la responsabilidad debe ser asumida por cada uno de los operarios y encargados. Se puede lograr una buena calidad si las órdenes son bien dadas y cada persona tiene clara idea de que de su trabajo depende la calidad final del producto; el control efectuado por el encargado o el empresario mismo debe tener siempre como fin que los errores encontrados son reparados y dar las explicaciones necesarias para que no se vuelvan a repetir.

7- Compras.-

El control de las compras es un factor de importancia en las empresas ya que, la falta de un ordenamiento en el volumen de compras, puede traer aparejado un desabastecimiento y subsecuentemente la paralización de la producción por un lado y, por el otro, llevar a la empresa a un desfinanciamiento.

Es sumamente importante tener una idea clara de las existencias y las necesidades. Para ello se recomienda un conjunto de fichas que conformen un inventario permanente.

En cada ficha se registrarán, además de una descripción exacta de la pieza, las entradas y salida y el stock mínimo que permita asegurar un stock mí-

nimo al par que impida una acumulación excesiva que resulte costosa.

El departamento o el encargado de compras debe conocer perfectamente la programación de la planta y ajustar sus pedidos a las necesidades programadas.

8- Costos. -

El conocimiento exacto de los costos de producción es algo bastante complicado pero de suma necesidad para el correcto desenvolvimiento de la empresa.

En un principio se puede trabajar de la siguiente forma:

- a) Costo de materiales e insumos: estos datos deben ser suministrados por el departamento de compras
- b) Estimación del total de horas de producción: el cúmulo de tiempo necesario para transformar esos materiales en productos terminados.

En una segunda etapa se ha controlado con ayuda de los cuadros de control de personal el total de horas, detallado pieza por pieza y operación por operación.

Una vez reunidos estos datos se puede controlar cada máquina por separado y sección por sección y determinar si las máquinas están sobrecargadas o subutilizadas.

Esto determinará si es conveniente encargar trabajos a terceros o si se pueden recibir trabajos de terceros para obtener una mejor utilización de las máquinas instaladas.

Otra forma de mejorar el factor de utilización de las máquinas es el trabajo a destajo por los mismos operarios de la planta después del horario normal en vez de trabajar horas extras.

Es muy importante un control de costos continuo, ya que de éste depende la buena marcha de la empresa. Si los costos estan por debajo de la realidad la empresa está perdiendo su capital y utilidad, y si estan por encima, el precio de los productos tiende a llegar a niveles por arriba de los de la competencia y la empresa va a perder ventas y por esto producción.

9- Dirección y organigrama. -

En las pequeñas y medianas industrias el organigrama es normalmente implantado de hecho y en muchos casos, no bien definido.

Se recomienda al gerente, director o propietario la confección, durante un período largo (1 mes como mínimo) la confección de una carpeta en la cual se registrarán, en hojas separadas, las órdenes dadas a cada subalterno.

Después de un cierto tiempo se analizará el contenido de la carpeta y se ordenaran las cargas de cada departamento y de cada encargado.

Es de vital importancia que cada tarea sea asignada a una persona en particular y que esa persona será la responsable de su correcta ejecución en el tiempo justo.

Si se dejan pendientes de asignación ciertas tareas, es factible que su ejecución que pendiente, aún una vez iniciada, por considerar que no es directamente responsable de su materialización.

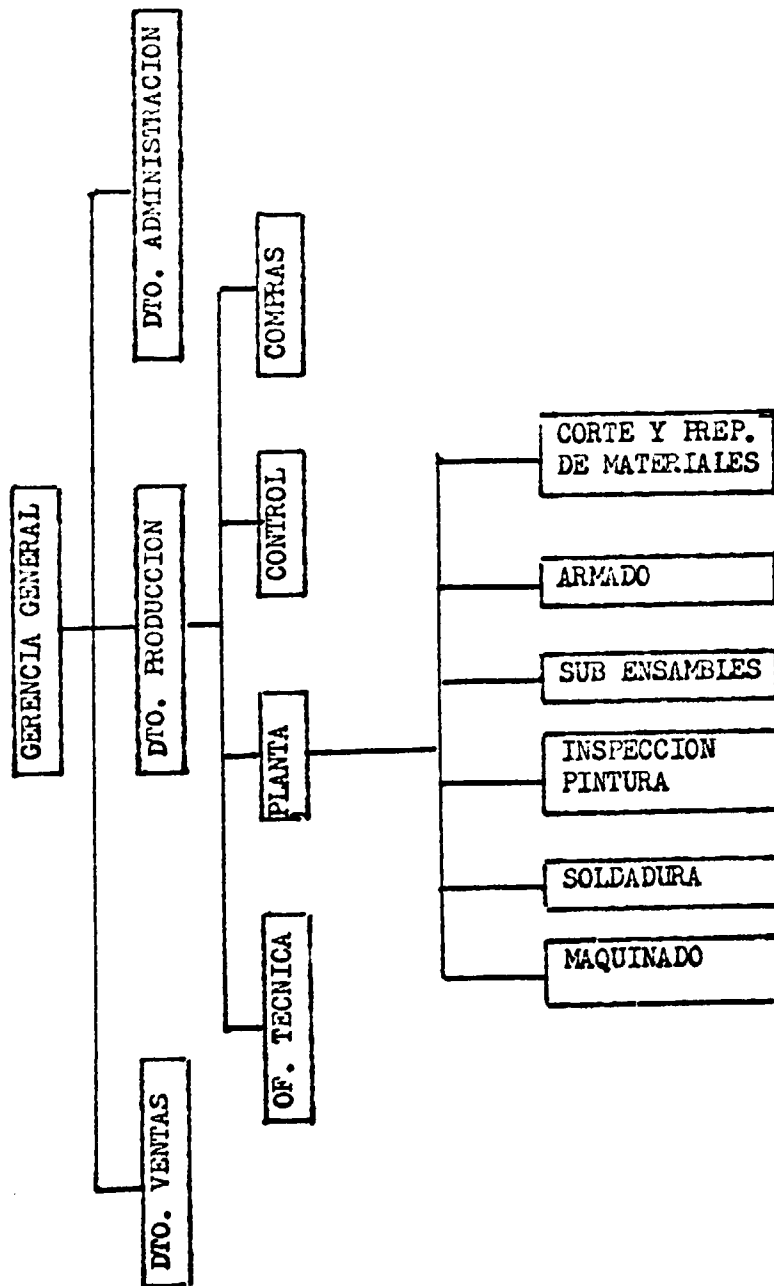
En lo concerniente al organigrama es importante tener en cuenta que cada persona no debe tener más de 5 personas a su cargo.

Es muy importante la colaboración entre las diferentes partes de una empresa resulta muy conveniente reuniones cortas diarias entre los encargados y un

mínimo de una reunión de los encargados con el gerente semanal en la cual se trata la marcha general de la empresa y su programación futura.

El éxito de una buena organización resulta de la aplicación de la siguiente frase: "No hay responsabilidad si no hay autoridad y no hay autoridad si no hay responsabilidad".

El cuadro siguiente da un ejemplo de organigrama para una empresa pequeña.



10- Mejoramiento tecnológico.-

Las pequeñas y medianas industrias no están en condiciones de contar con la colaboración de un equipo técnico altamente calificado pero esto no implica que no tengan acceso a los adelantos tecnológicos.

Se puede reunir a instituciones nacionales o provinciales creadas con este fin, como es el caso de la Dirección General de Asesoramiento Técnico de la Provincia de Santa Fe para consultas puntuales de problemas técnicos.

Además existen una infinidad de revistas técnicas, muchas de las cuales son de distribución gratuita que están a la disposición de las empresas que las necesitan.

El instituto de Normalización envía normas a los industriales sobre los productos que se le solicitan.

Además en las ferias y exposiciones técnicas muchas firmas hacen demostraciones con equipos de tecnología avanzados y otras tienen centros de entrenamientos, funcionando en forma continua.

Otra posibilidad es la contratación de especialistas por un tiempo corto o para trabajos específicos.

1.5. DIFUSION TECNOLOGICA

1. CURSOS Y CONFERENCIAS

- . SOLDADURA DE ACEROS ESTRUCTURALES
- . SOLDADURA MIG-MAG
- . METODOS ESPECIALES DE SOLDADURA

1a. CONFERENCIA

INDICE

Soldadura de Aceros Estructurales

1.- Electrodo revestidos

2.- Clasificación

2.a. Según Norma IRAM 601

2.b. Clasificación americana standard AWS/ASTM

2.c. Selección de electrodos para soldadura

2.d. Además los electrodos se pueden clasificar según:

A- Grueso de revestimiento

B- Proceso de fabricación

C- Según la composición del revestimiento

D- Según el efecto del electrodo

3.- Máquinas para soldar y sus características

3.a. Tensión de vacío - V

3.b. Tensión del arco - V

3.c. Tensión de Trabajo - Vt

3.d. Intensidad de trabajo

3.e. Características de los aparatos para soldadura eléctrica

3.e.1. Características generales

3.e.2. Característica estática

3.e.3. Característica dinámica

3.f. Soplo magnético en el arco

4.a. Aparatos de soldadura

4.a.1. Generalidades

4.a.2. Aparatos de corriente continua

4.a.3. Aparatos de corriente alterna

4.a.3.1 Sistema de clavija

4.a.3.2. Núcleo o bobina móvil

4.a.4. Comparación de soldadura con CC y CA

4.a.4.a Ventajas de CC sobre CA

4.a.4.b Ventajas de CA sobre CC

4.b. Elección de aparato

- 5.- Graduación de la intensidad de trabajo
- 6.- Técnicas para soldar con electrodo revestido
- 7.- Uso de electrodos
 - 7.1. Celulósicos
 - 7.2. Electrodos oxidantes
 - 7.3. Electrodos rufílicos
 - 7.4. Básicos de bajo hidrógeno
- 8.- Fallas, Causas y Corrección

1 - Electrodos revestidos

Un electrodo revestido consiste en dos partes: - Alma de metal.
- Revestimiento de fundente.

El alma de metal de electrodos para soldar aceros suaves, produce soldaduras con propiedades físicas superiores a las de los metales base.

Para el revestimiento se utilizan diferentes composiciones según el uso del electrodo, pero en general las misiones del revestimientos son las siguientes:

a - Hacer el papel de fundente, formando óxidos más fusibles y ligeros que suban a la superficie en forma de escoria de fácil desprendimiento.

b - Proteger el metal fundido durante su desplazamiento y en el baño de fusión, evitando su oxidación y nitruración por el oxígeno y nitrógeno del aire.

c - Aumentar la ionización del aire, estabilizando el arco y disminuyendo los efectos del soplo magnético.

d - Formar con el metal base aleaciones de determinadas características.

e - Formar un copo en la punta del electrodo para que el chorro de metal fundido sea mejor dirigido.

2 - Clasificación

2.a. Según norma IRAM 601

La norma IRAM 601 designará colocando sucesivamente las indicaciones siguientes:

1 - Las dos letras que corresponden al tipo de revestimiento, indicado en la tabla I. Cuando se trate de electrodos de penetración profunda o de alto o bajo contenido de polvo de hierro, si se los puede clasificar dentro de los tipos fundamentales indicados en la tabla I, las letras que caracterizan dichos tipos son precedidas por AP, y Fe (A) y Fe (B), respectivamente.

2 - Los números que indiquen, de acuerdo con las tablas II, III y IV, las características mecánicas del metal depositado.

3 - Una cantidad de dos números, separados por una barra de la anterior cuyo 1er. número indicará, de acuerdo con la tabla V, las características operatorias y el segundo número, de acuerdo con la tabla VI, la característica de corriente.

4 - La letra R1 ó R2, en el caso que el electrodo tenga requerimientos radiográficos de acuerdo al grado 1 ó al grado 2.

5 - La letra H, en el caso que se exija la determinación de hidrógeno.

• 2 •

TABLA 1

TIPO DE REVESTIMIENTO

Tipo de revestimiento	Designación
Acido	Ac
Oxidante	Ox
Rutílico	Ru
Celulósico	Ce
Básico	Ba

TABLA II

RESISTENCIA A LA TRACCION

Nº	Resistencia mínima a la tracción (daN/mm ²)
1	42
2	49
3	56

TABLA III

ALARGAMIENTO

Nº	Alargamiento mínimo (L = 5 d) %
1	16
2	22
3	24

TABLA IV

RESISTENCIA A LA FLEXION POR IMPACTO EN PROBETA ENTALLADA

Nº	Resistencia mínima a la flexión por impacto	
	(daN/cm ²)	Temperatura (°C)
1	4,8	+ 20
2	4,8	0
3	6,2	- 10
	4,8	- 20

TABLA V

POSICIONES DE SOLDADURA

Nº	POSICION
1	Todas las posiciones
2	Todas las posiciones, excepto la vertical descendente
3	Horizontal y plana
4	Plana

TABLA VI

CARACTERISTICAS DE CORRIENTE

Polaridad del electrodo	NUMERO			
	Electrodos para ambas corrientes			Electrodos para corriente continua solamente
	Tensión mínima de transformador en vacío (V)			
	55	70	esp.	
Buena con ambos polos	1	4	7	0
Mejor con polo negativo	2	5	8	0-
Mejor con polo positivo	3	6	9	0+

Ejemplo: Un electrodo con revestimiento oxidante, resistencia mínima a la tracción 49 daN/mm², alargamiento mínimo 18%, resistencia mínima a la flexión por impacto en probeta entallada, 4,8 daN/cm² a 20 °C en cuanto a su material de aporte; que es apto para soldar en todas las posiciones con corriente continua ambas polaridades, o alterna, con tensión mínima de transformador en vacío de 70 V, se designará:

0 x 211/14

CLASIFICACION

D-2 De acuerdo al sistema de designación establecido en D-1, a los efectos de la aplicación de la norma se tendrán únicamente en cuenta los electrodos que se indican en la tabla siguiente:

2.b Clasificación americana standard AWS/ASTM.

El sistema americano selecciona los electrodos según:

- a - la resistencia mecánica del metal depositado.
- b - la posición de la soldadura.
- c - los parámetros de operación.

La letra E, que precede al símbolo, indica que el electrodo es para arco eléctrico, los dos primeros dígitos o en algunos casos los tres primeros dígitos, indican la resistencia a la rotura en miles de libras por pulgada cuadrada. Los últimos dos dígitos indican la posición y los parámetros de la soldadura.

<u>Dígito</u>	<u>Significación</u>
Primeros dos o tres	Esfuerzo a la rotura en miles de libras por pulgada cuadrada.
Penúltimo dígito	Posición de la soldadura.
Ultimo dígito	Polaridad, tipo de escoria, penetración y contenido de polvo de hierro en el recubrimiento. Tabla VII.

a. Indicaciones del penúltimo dígito

- 1 - Todas las posiciones
- 2 - Horizontal y plano
- 3 - Plano

b. Ultimo dígito

Ejemplos

- a. F 6010 es CC con positivo al electrodo
- E 6020 es CA o CC con polaridad indiferente
- b. E 6010 es orgánico
- E 6020 es mineral
- c. E 6010 es de penetración profunda
- E 6020 es de penetración mediana

TABLA VII

Ultima cifra	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Potencia suministrada	(a)	c.a. ó PICC	c.a. ó c.c.	c.a. ó c.c.	c.a. ó c.c.	PICC	c.a. ó PICC	c.a. ó c.c.	c.a. ó PICC
Revestimiento	(b)	Orgáni- co	Rutilo	Rutilo	Rutilo	Bajo en H	Bajo en H	Mineral	Bajo en H
Tipo de arco	Medio	Perfora- dor	Perfora- dor	Suave	Suave	Medio	Medio	Suave	Medio
Penetración	(c)	Profun- da	Media	Ligera	Ligera	Media	Media	Media	Media
Hierro en polvo en el reves- timiento	0-10%	Ninguno	0-10%	0-10%	30-50%	Ninguno	Ninguno	50%	30-35%

(a) El electrodo 6010 es para PICC; el 6020 para corriente alterna o continua c.a.* ó c.c.**

(b) El electrodo 6010 lleva revestimiento orgánico; el 6020 revestimiento mineral.

(c) El electrodo 6010 es de penetración profunda, y el 6020 de penetración media.

- * Las letras c.a. significan corriente alterna (N. del T.)
- ** Las letras c.c. significan corriente continua (N. del T.)

2.c. Selección de electrodos para soldadura.

En términos generales se pueden usar las siguientes pautas:

1 - Penetración profunda	6011
2 - Soldadura de tuberías	6010
3 - Máxima velocidad de deposición para soldaduras horizontales en ángulo	7024
4 - Ajuste deficiente	6012
5 - Chapas de metal delgadas	6013
6 - Obtención de buenas soldaduras en condiciones dudosas o adversas	7018

2.d. Además los electrodos se pueden clasificar según:

a - grueso del revestimiento:

- Ligero con la relación $D/d = 1$
(d = diámetro núcleo metálico; D = diámetro total)
- medio con la relación $D/d = 1,2$
- grueso con la relación $D/d = 1,3$

b - Proceso de fabricación:

- por inserción.
- por presión.

c - Según la composición del revestimiento

- Acido
- Básico
- Celulósico
- Oxidante
- Rutílicos

d - según el efecto del electrodo

- Oxidantes
- Estructurales
- Resistentes

A su vez dentro de cada uno de estos grupos existen varias clases, cada una de las cuales tiene su núcleo de una composición adecuada y su revestimiento formado a base de determinadas sustancias químicas con el fin de cumplir con las condiciones exigidas.

3 - Máquinas para soldar y sus características.

3a. Tensión de vacío - V.

Diferencia de voltaje existente entre electrodo y pieza, ambos conectados a la fuente de poder, pero separados entre sí.

Normalmente entre 40 y 100 voltios. Cuanto más grande sea este valor más fácil será iniciar el arco y se mantiene con más separación.

3b. Tensión del arco - V

Diferencia de voltaje entre punta de electrodo y pieza con el arco encendido; su valor es normal entre 15 y 30 voltios aproximándose a 20 voltios.

Este valor aumenta con la longitud del arco.

3c. Tensión de Trabajo - Vt.

La resistencia del aire al paso de la corriente provoca una caída de tensión en el circuito, dejando únicamente un voltaje que es la diferencia entre la tensión de vacío menos la tensión del arco. Este valor disminuye al aumentar la distancia entre electrodo y pieza ya que así aumenta la tensión del arco.

$$V_t = V - v$$

3d. Intensidad de trabajo

A la corriente que circula por el circuito cuando estamos soldando, la llamamos intensidad de trabajo y es igual a:

$$- I - \frac{V_t}{R}$$

siendo R la resistencia total del circuito.

La intensidad es máxima cuando el electrodo está en contacto con la pieza, ya que así queda eliminada parte de la resistencia del arco.

$$V = 0 - V_t = V - \bullet = V \text{ y } I = \frac{V}{R_1}$$

Siendo $R_1 = R$ menos la resistencia del aire al paso de la corriente.

La intensidad baja si retiramos el electrodo más lejos ya que así aumenta la tensión del área y la resistencia de circuito.

Resumen: entre más corto es el arco más grande es la intensidad de trabajo y viceversa.

3.e. Características de los aparatos para soldadura eléctrica.

3.e.1. Características generales: La primera clasificación divide los aparatos en dos grupos.

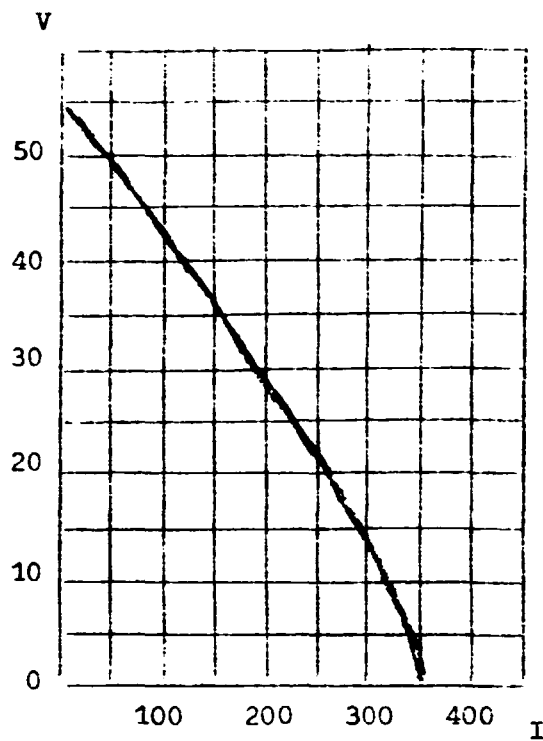
Los que sueldan con corriente continua (grupos convertidores) y los que sueldan con corriente alterna (transformadores).

Luego viene la intensidad máxima, la que determina la capacidad en diámetro de electrodo máximo a soldar.

3.e.2. Característica estática: Hemos explicado que el voltaje del arco aumenta cuando aumenta su longitud y que este aumento ocasiona una disminución de voltaje del trabajo y asimismo una disminución de la intensidad del trabajo. Por ende, si separamos más la punta del electrodo de la pieza a soldar, menor será la corriente que circule por el circuito y así la temperatura del arco disminuye y la fusión del metal será menos fluida. Estas oscilaciones se reflejan en el cordón que no puede quedar perfectamente plano.

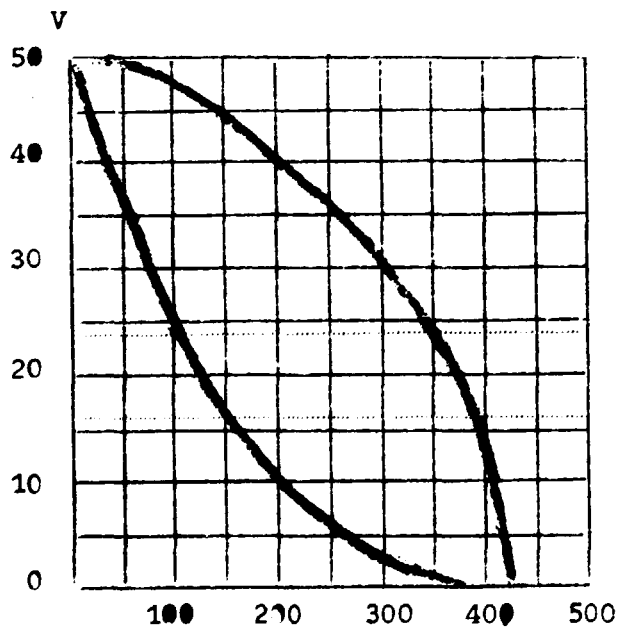
El tamaño de estas inevitables oscilaciones depende de la habilidad manual del operario.

La Fig. 1 da una idea de la relación entre intensidad y voltaje y la línea representada se llama: característica dinámica del aparato. Deducimos: al variar la longitud del arco, varía la intensidad y a esta nueva intensidad corresponde un nuevo voltaje, de manera que al aumentar la pendiente de la curva, se produce una menor variación de voltaje y mejor será el aparato.



Los aparatos en general se construyen de tal forma que responden a las A y B de la Fig. 2, en la cual podemos distinguir 3 partes:

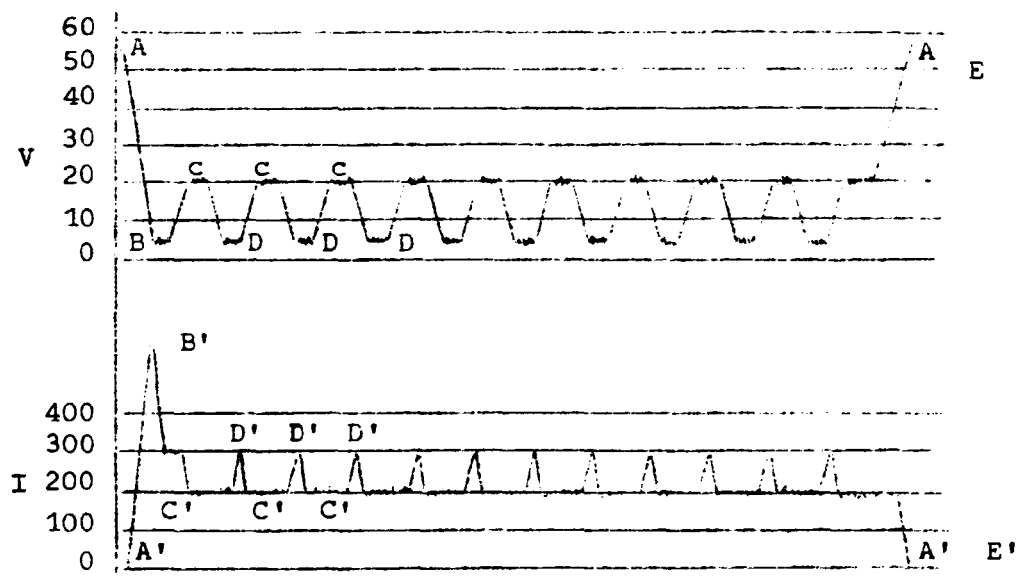
- La zona entre 15 y 25 voltios, cual corresponde a las tensiones de arco para obtener pequeñas variaciones de voltaje correspondiente a las variaciones de intensidad.
- Parte superior • tensión de vacío elevado que da facilidad de iniciar el arco.
- Parte inferior alto a la derecha que indica gran intensidad de corto circuito.



3.e.3. Característica dinámica:

Se dice que un aparato tiene una buena característica dinámica, cuando con rapidez y sin perjuicio de sus partes responde a las bruscas oscilaciones de voltaje e intensidad que se producen durante la operación de soldar (arco encendido).

La Fig. 3 representa un ejemplo de característica dinámica de un aparato. En el eje vertical tenemos intensidad (línea superior) y voltaje del arco (línea inferior) y en el eje horizontal fracciones de segundos.



Al tocar con la punta del electrodo a la pieza, el voltaje de arco cae casi a cero (punto B) del voltaje de vacío existente (punto A). Al mismo tiempo la intensidad sube de cero (punto A') a cierto valor (punto B'). En seguida el operario separa la punta del electrodo y el arco empieza a saltar. El voltaje sube al voltaje de arco (punto C) y la intensidad baja (punto D). Las oscilaciones siguientes son producto de las variaciones de la longitud de arco y también de los continuos corto-circuitos que producen los gastos de metal fundido, que van cayendo sobre la pieza (puntos D y D').

Al terminar el cordón la intensidad vuelve a cero y el voltaje al voltaje de vacío (puntos E y E').

3.f. Soplo magnético en el arco

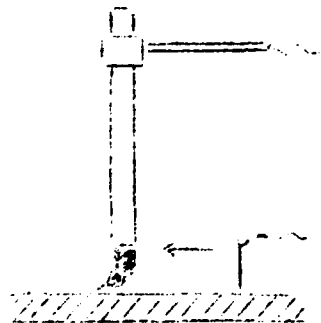
Como es de conocimiento general que cada corriente eléctrica genera un campo magnético, se sobreentiende que en el caso de soldadura ocurre lo mismo. Se llama soplo magnético en este caso porque el efecto de magnetismo empuja el arco en determinada dirección. Soldando con corriente alterna y electrodos revestidos, este efecto es apenas notable, no así si soldamos con electrodos desnudos y corriente continua.

La dirección del soplo depende:

- del lado de donde viene la corriente.
- del ángulo del electrodo.
- de la cantidad de masa metálica a uno y otro lado del arco.

En la Fig. 4 podemos decir que el soplo se dirige:

- del lado opuesto a la toma de corriente.
- del lado contrario al ángulo agudo, entre el electrodo y la pieza.
- del lado de la mayor masa metálica.



El soldador debe orientar el soplo al lado que le interesa para evitar que la escoria se adelante al arco. Por esto es muy importante soldar con el ángulo de electrodo correcto.

4.a. Aparatos de soldadura

4.a.1. Como la corriente disponible en los talleres y fábricas es en general de 220 voltios, corriente alterna, y las instalaciones permiten intensidades relativamente bajas, en vista de las necesidades de soldadura, necesitamos aparatos que permitan bajar el voltaje de la red a los voltajes de soldadura (40-60 V) y que al mismo tiempo son resistentes a altas intensidades.

Los aparatos de soldadura se dividen en dos grupos:

- de corriente continua
- de corriente alterna

4.a.2. Aparatos de corriente continua. Consisten en general en convertidores con motor para corriente alterna (generalmente trifásico) acoplados a una dinamo (generador de corriente continua) de tipo especial adaptado a las condiciones de trabajo de soldadura. Estas dinamos son de tipo Anti-compound, que producen características apropiadas para soldar. La regulación de la corriente de soldar se obtiene regulando la corriente excitatriz.

Hoy día la corriente continua de soldar es producida también por transformadores regulables acoplados a un rectificador de corriente a base de diodos o cristales de silicio.

Además existen grupos: motor a gasolina o diesel acoplado al dinamo.

4.a.3. Aparatos de corriente alterna. Los transformadores (o aparatos estacas) transforman la corriente de la red a corriente apta para soldar, es decir, en general rebajan el voltaje y permiten grandes intensidades.

Los transformadores pueden ser mono o trimonofásicos.

4.a.3.1. Sistema de clavija: aumentando y disminuyendo el número de espiras trabajando, en la bobina primaria o secundaria.

4.a.3.2. Núcleo o bobina móvil: Cuando la cantidad del núcleo o cambiando la posición de las bobinas, con respecto a la otra, podemos variar el voltaje y la intensidad.

4.a.4. Comparación de soldadura con CC y CA.

4.a.4.a. Ventajas de CC sobre CA:

1 - Con CC se puede soldar todos los metales ferrosos y algunos no ferrosos y en todos espesores, mientras que con CA únicamente se puede soldar aceros blandos no aleados en espesores medianos y gruesos.

2 - CC permite toda clase de electrodos revestidos o desnudos y CA permite únicamente electrodos revestidos con algunas excepciones todavía.

3 - Las variaciones de voltajes e intensidad son menos pronunciadas con CC.

- 4 - El factor de trabajo de la red es mejor con CC.
- 5 - Los cordones de soldadura con CC son más perfectos y más fáciles de aplicar.

4.a.4.b. Ventajas de CA sobre CC:

- 1 - El precio de adquisición de un aparato CA es muy inferior al de CC siendo de la misma capacidad.
- 2 - Con CA se gasta menos energía (n= 70-90%) que con CC (n= 50-65%).
- 3 - Los aparatos CA gastan menos energía en períodos de funcionamiento en vacío.
- 4 - Los aparatos CA tienen menos gastos de mantenimiento.

4.b. Elección de aparato

Para la elección de los factores que hay que tener en cuenta son:

- la clase de corriente disponible.
- la clase de los trabajos.
- la cantidad de trabajo.

Respecto a los puntos anteriores, el primero no es de mucha importancia ya que por lo general los talleres y fábricas disponen de corriente alterna e instalaciones suficientes para permitir la instalación y trabajo de uno o más aparatos de soldadura.

La clase de trabajo se refiere a material que se va a soldar. Si se trata de hierro y aceros en posiciones fáciles convendrá adquirir un transformador estático. En cambio si hay que realizar trabajos delicados o en posiciones difíciles en metales no ferrosos, fundiciones, aceros especiales, chapa delgada o soldaduras con altas exigencias, las cuales nos inducen a utilizar electrodos especiales y de revestimientos básicos, tenemos que conseguir un grupo convertidor u otro tipo de aparato de corriente continua, a pesar de su mayor precio de compra, y sus mayores gastos de consumo de energía y mantenimiento.

Referente a la cantidad de trabajo hay que tener en cuenta que los aparatos de soldadura disminuyen mucho su rendimiento cuando trabajan por espacios prolongados al de su capacidad, es decir que convendrá tener un margen de seguridad en la capacidad del equipo P.e. Si se va a trabajar continuo durante 8 horas tendrá que tener casi el doble de la capacidad de la cual vamos a utilizar durante ese tiempo.

5 - Graduación de la intensidad de trabajo

La intensidad de la corriente de soldar depende de las condiciones de trabajo, la posición, el material de base y otros.

En términos generales se determina la intensidad según el diámetro y la calidad del electrodo entre un mínimo y un máximo según la tabla adjunta y entre este rango según las condiciones específicas de cada trabajo, según los efectos observados.

Intervalo de intensidades de corriente eléctrica para electrodos de acero suave, amperios.

Diámetro de Varilla		Normas AWS E 6010	E 6011	E 6012	E 6024	E 7018
Pulgadas	mm.					
3/32	2,38	50-90	50-75	30-90	110-160	70-110
1/8	3,17	90-130	80-130	70-130	140-180	100-160
5/32	3,97	110-160	110-160	110-180	180-250	130-220
3/16	4,76	140-250	160-190	130-260	180-250	180-260
7/32	5,55	180-260	190-250	170-380	225-300	210-320
1/4	6,35	220-300	200-300	200-425	260-355	230-360
5/16	7,93	250-440			300-410	350-440

Las varillas pequeñas a las que corresponden las intensidades más altas, son aquellas de mayores velocidades de deposición. Los valores más elevados de intensidad pueden resultar impracticables para soldadura en posición.

En condiciones óptimas se observa que el depósito del metal de aporte es liso y parejo, que el arco es estable, que es fácil de controlar la escoria y que no hay salpicaduras o proyecciones.

Si la intensidad es mayor que la óptima se producen muchas salpicaduras y proyecciones, el cordón se ensancha y se aplana, se produce un cráter profundo al interrumpir el cordón, se obtiene una penetración profunda y se sobrecalienta el electrodo.

Si la intensidad es menor que la óptima se dificulta el control de la escoria fundida, el metal de aporte se apila, no se llena el chaflán, la penetración es insuficiente y el arco se vuelve inestable.

6 - Técnicas para soldar con electrodo revestido.

En la práctica el operario debe atenerse a las siguientes reglas para conseguir buenos resultados:

- Mantener la longitud del arco rigurosamente constante.
- Inclinar el electrodo con un ángulo de 70 a 80° en el sentido del avance.
- Regular la velocidad de avance de un movimiento constante, obteniendo una completa fusión del material de base y su mezcla interna con el metal de aporte.
- Controlar el latiguelo o movimiento zig-zag de la punta del electrodo para definir el ancho del cordón.
- Evitar que la punta del electrodo toque el metal fundido, para no provocar cortos circuitos que aumentan considerablemente la intensidad y altera la uniformidad del cordón.
- No se puede volver con la punta del electrodo sobre el cordón ya realizado para corregir un posible defecto, ya que una vez que se solidificó la escoria, aunque se vuelve con el arco encima, ésta no vuelve a fundirse y se va a depositar el metal de aporte encima de una capa de escoria.
- Efectuar los trabajos con la intensidad correcta, según indicaciones del fabricante del electrodo y atenerse a las recomendaciones del mismo sobre la polaridad.

7 - Uso de los electrodos

Para acero dulce y aceros de baja aleación se utilizan 4 tipos de electrodos:

- celulósicos
- oxidantes
- rutílicos
- básicos de bajo hidrógeno.

7.1. Celulósicos

Para soldar acero dulce hasta 60 kg/mm².

Similar a las normas: IRAM C_e 233/10

AWS E 6010

DIN Z_c VILM 233/10

Para soldaduras en toda posición:

Arco suave, potente y uniforme.

La adición de polvo de hierro (hasta 10%) en el revestimiento produce una excelente apariencia al cordón.

Rango de intensidades:

∅ 2.5 = 55 - 75 Amp.

∅ 3.25 = 90 - 135 "

∅ 4.00 = 135 - 160 "

∅ 5.00 = 160 - 200 "

∅ 6.00 = 180 - 210 "

7.2. Electrodos oxidantes.

Uso en chapa delgada y chapa galvanizada.

Similar a la norma AWS E 4520.

Con menores propiedades mecánicas que la anterior, pero no contiene silicio en el metal de aporte (máx. 0.02%) lo que evita el ataque del zinc sobre el metal.

Se puede soldar con CC y CA.

Encendido fácil, aún en caliente.

Rápido desprendimiento de la escoria.

Se usa normalmente en diámetros pequeños con intensidades bajas (∅ 1,6 - 35-55 Amp. y ∅ 2,00 - 40 a 65 Amp.)

7.3. Electrodos rutílicos

Para acero dulce hasta 50 kg/mm².

a) Similar a las normas IRAM Ru 332/12

AWS E 6012

DIN T1 VILM 332/12

Electrodo universal y tal vez el de uso más generalizado, de fácil encendido, arco suave y penetración mediana.

Por el polvo de hierro, incluido en su revestimiento produce cordones uniformes de buena convexidad de filetes, de buena formación con ondas regulares.

Para soldar en toda posición, cordones a tope con o sin preparación de la junta en cualquier espesor.

Se suelda con ambas corrientes, es de fácil manejo.

Rango de intensidades:

∅ 2	=	40-65	Amp.
∅ 2.5	=	60-85	Amp.
∅ 3.25	=	100-130	Amp.
∅ 4	=	140-180	Amp.
∅ 5	=	200-250	Amp.
∅ 6	=	280-350	Amp.

b) Similar a las normas:	AWS	E	6013
	IRAM	- Ru	332/22
		Ru	432/12
	DIN	- Ti	VILLBS 332/22
		Ti	VII M 432/12

Electrodo similar al anterior, produciendo un arco más suave y menos penetración. Este electrodo se puede utilizar como electrodo de contacto y dar un acabado perfecto sin chisporroteo ni entalladuras.

De uso muy generalizado para soldaduras sin muchas exigencias de resistencia mecánica.

c) Similar a las normas:	AWS	7024
	DIN	Ti VIII B/432/42 Fe 160
	IRAM	Ru Fe (A) 432/42

Electrodo de máximo rendimiento por el alto contenido de polvo de hierro (50%) en el revestimiento. Se usa para soldaduras rápidas y económicas y como electrodo de contacto en cordones planos y horizontales.

Rango de intensidades:

∅ 2,5	-	80-120	Amp.
∅ 3,0	-	130-170	"
∅ 3,25	-	180-225	"
∅ 4,00	-	270-320	"
∅ 5,00	-	300-340	"
∅ 6,00	-	320-360	"

7.4. Básicos de bajo hidrógeno

Los electrodos de este grupo se usan para soldar acero al carbono y de baja aleación hasta 55 kg/mm^2 de resistencia a la tracción:

Similar a las normas: AWS 7018
 DIN Kb-1 XS/344/26 + Fe
 IRAM Ba 344/26 +

Estos electrodos poseen en general una punta grafitada para facilitar el encendido.

El bajo contenido de hidrógeno evita el agrietamiento durante y después de la soldadura.

El alto contenido de polvo de hierro asegura un buen aspecto, del cordón con mayores propiedades mecánicas.

Rango de intensidades:

∅ 2	=	55-65	Amp.
∅ 2,5	=	70-90	"
∅ 3,25	=	100-130	"
∅ 4,	=	130-170	"
∅ 5,	=	180-220	"
∅ 6,	=	230-310	"

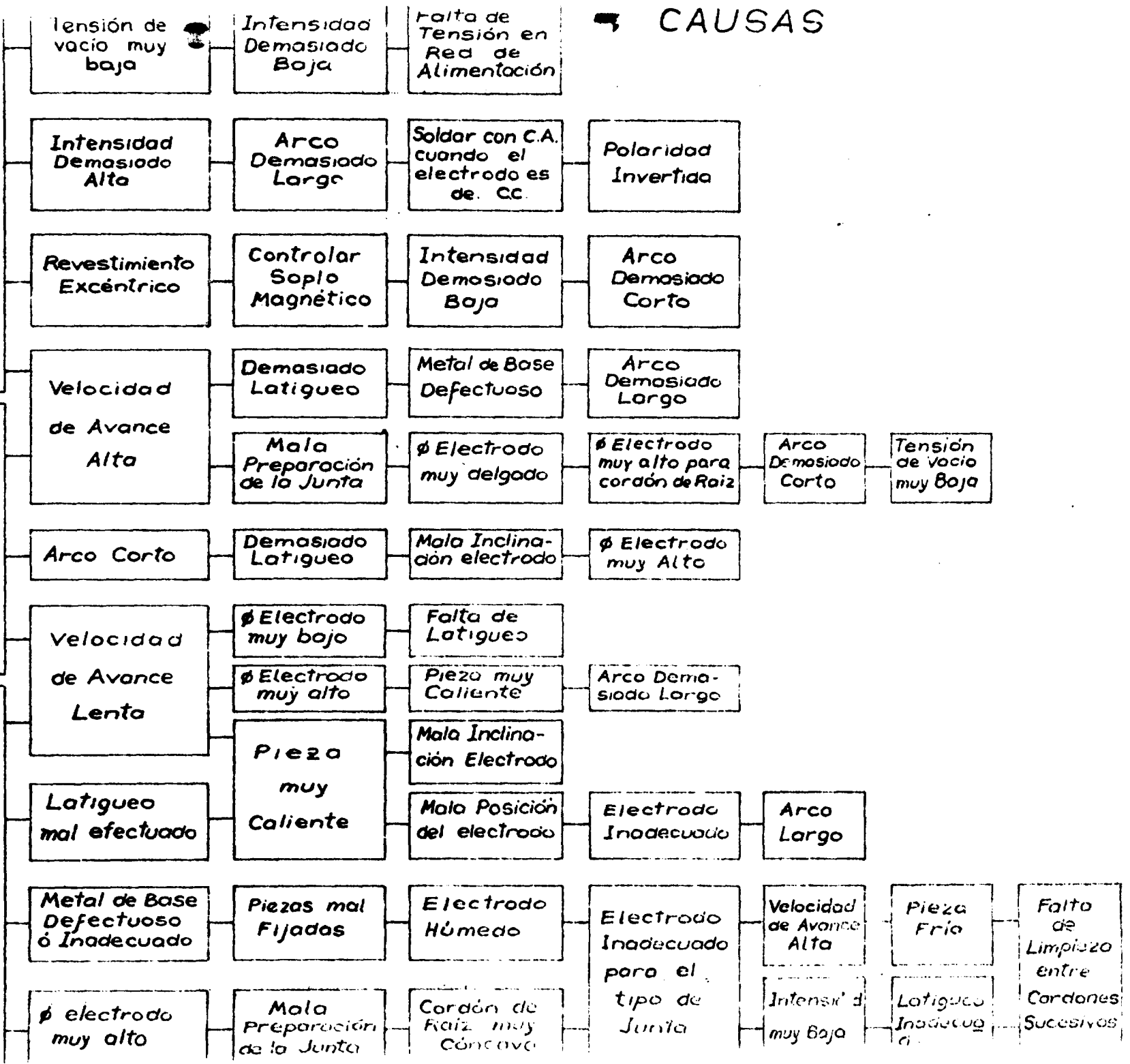
Fallas	Causas	Corrección
Falta de penetración	-electrodo inadecuado	Cambiar tipo de electrodo
	-falta de intensidad	Aumentar intensidad
	-mala preparación del chaflan	Cambiar ángulo
	-distancia inadecuada de separación	Ajustar distancia según tablas
	-ángulo de electrodo inadecuado	Cambiar ángulo a 70°
	-cordón de raíz insuficiente	Bajar ϕ de electrodo
	-piezas sucias o impregnadas de aceite	Limpiar
Porosidad	-electrodo húmedo	Secar electrodos
	-electrodo inadecuado	Cambiar electrodo
Inclusiones de escoria	-Falta de limpieza	Escoriar bien
	-ángulo electrodo malo	Corregir ángulo
Arco Inestable	-polaridad mala	Poner polaridad según recomendaciones del fabricante
	-uso de electrodo de DC con A.C.	Cambiar máquina
	-falta de voltaje	Cambiar máquina por otra de más voltaje
Salpicaduras	-electrodo húmedo	Secar el electrodo
	-arco muy largo	Acortar longitud del arco
Metal carcomido o socavado	-intensidad muy alta	Bajar intensidad
	-mal movimiento lateral del electrodo	Ajustar latiguo del electrodo

DEFECTOS

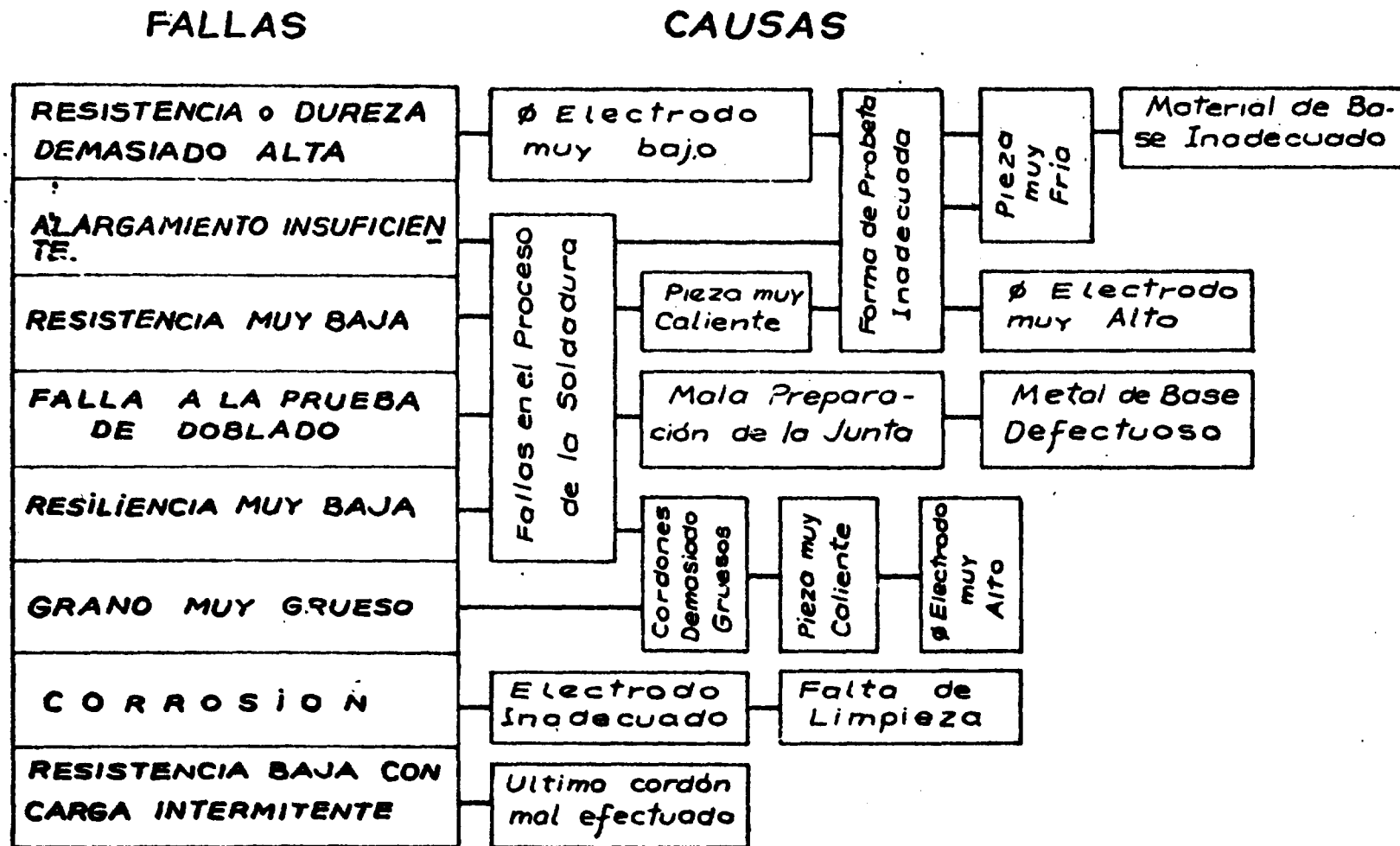
CAUSAS

- Arco difícil de encender
- Arco que se apague
- Arco inestable
- Exceso de Salpicaduras
- El electrodo se funde desparejo
- Porosidades
- Falta de Penetración
- Escoria difícil de controlar
- Cordón muy convexo
- Exceso de Penetración (Se posa el cordón)
- Cordón deformado (caído)
- Socavaciones
- Grietos
- Inclusiones de Escoria

HUMEDO
 ELECTRODO
 POCA INTENSIDAD
 INTENSIDAD
 DEMASIADA INTENSIDAD



FALLAS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS



2a. CONFERENCIA

INDICE

Soldadura MIG-MAG

1. - Introducción
2. - El Proceso MIG
 - 2.1.-Generalidades
 - 2.2.-Ventajas del Sistema
 - 2.3.-Conexiones
3. - Variaciones del proceso-transferencia del metal
 - 3.1.-Generalidades
 - 3.2.-Arco corto (cortocircuito)
 - 3.3.-Transferencia Globular
 - 3.4.-Arco Rocío (spray)
 - 3.5.-Arco Rocío Pulsante
4. - Equipo - Manual y automatizado
 - 4.1.-Soldadura Manual
 - 4.2.-Torchas y Accesorios
 - 4.3.-Controles de soldadura y motor para el avance del alambre (grupo alimentador)
 - 4.4.-Fuente de alimentación
 - 4.5.-Soldadura mecanizada o automatizada
 - 4.5.1.-Secuencia de operación
5. - Fuente de Poder
 - 5.1.-Generalidades
 - 5.2.-Variables controladas desde la fuente de poder
 - 5.2.1.-Generalidades
 - 5.2.2.-Voltaje
 - 5.2.3.-Pendiente
 - 5.2.4.-Inductancia
6. - Gases Protectores
 - 6.1.-Generalidades
 - 6.2.-Propiedades de los gases
 - 6.2.1.-Propiedades térmicas a temperaturas elevadas
 - 6.2.2.-Reacciones químicas del gas con elementos del alambre y metal de base
 - 6.2.3.-Efecto de cada gas sobre el modo de transferencia del metal
 - 6.3.-Gases aplicados a:
 - 6.3.1.-Aceros
 - 6.3.2.-Metales no ferrosos
7. - Materiales de aporte
 - 7.1.-Introducción
 - 7.2.-Materiales ferrosos
 - 7.3.-Materiales no ferrosos
 - 7.3.1.-Aluminio y Aleaciones de Aluminio
 - 7.3.2.-Cobre y Aleaciones de Cobre
 - 7.3.3.-Nota

8.- Parámetros de Soldadura y Técnicas

8.1.-Efecto sobre la soldadura

- 8.1.1.-Corriente de soldadura
- 8.1.2.-Longitud libre del alambre
- 8.1.3.-Voltaje
- 8.1.4.-Velocidad de avance del arco
- 8.1.5.-Técnicas de soldadura

8.2.-Características del cordón

- 8.2.1.-Penetración
- 8.2.2.-Régimen de Deposición del Material
- 8.2.3.-Aspecto del cordón
- 8.2.4.-Manipuleo de la torcha
 - 8.2.4.1.-Soldadura plana bajo mano
 - 8.2.4.2.-Horizontal
 - 8.2.4.3.-Vertical
 - 8.2.4.4.-Sobre Cabeza

9.- Defectos - Causas y Soluciones

9.1.-Generalidades

- 9.2.-Falta de penetración
- 9.3.-Falta de fusión
- 9.4.-Metal carcomido
- 9.5.-Porosidad
- 9.6.-Agrietamiento Longitudinal

2a. CONFERENCIA

INDICE DE TABLAS

Soldadura MIG MAG

TABLA 1

Corrientes de Corto Circuito Típicas, requeridas para la Transferencia del Metal

TABLA 2

Tabla de Selección de Gases Protectores para la Soldadura MIG por la Técnica de Arco Corto

TABLA 3

Tabla de Selección de Gases Protectores para Soldadura MIG por la Técnica de Arco Corto

TABLA 4

Composición Química requerida para los alambres de aceros dulces y de baja aleación (Porcentaje - Balance con Hierro)

TABLA 5

Propiedades Mecánicas requeridas para los alambres de aceros dulces y de baja aleación

TABLA 6

Composición Química requerida para los alambres de Acero. Inoxidable

TABLA 7

Composición Química requerida para los alambres de Aluminio

TABLA 8

Composición Química requerida para los alambres de Cobre

TABLA 9

Resistencia a la Tracción de alambres de Cobre y sus Aleaciones

TABLA 10

Longitud (en metros) aproximada por kilo de alambre

TABLA 11

Ajustes en parámetros y técnicas de soldadura

TABLA 12

Tabla comparativa de fallas y defectos y sus causas

2a. CONFERENCIA

Soldadura MIG-MAG

1.- Introducción

1.1.- La soldadura por arco con electrodo consumible, alimentado en forma continua bajo atmósfera protectora conocida como MIG (Metal Inert Gas = Metal Gas Inerte), con el correr de los años, ha experimentado un gran desarrollo.

Este desarrollo, se debe a que presenta mejores características que otros métodos de soldadura por arco. Algunas de estas ventajas son: alto rendimiento de fusión, gran penetración, economía, manipuleo simple, etc.

Debe destacarse que a pesar de que el anhídrido carbónico no es en realidad un gas inerte, se comporta como tal frente a los aceros comunes. A pesar de ello, en muchos casos se recomienda mezclar entre gases tales como el argón, oxígeno, anhídrido carbónico y helio, pudiendo intervenir en ellas, dos o más de estos gases.

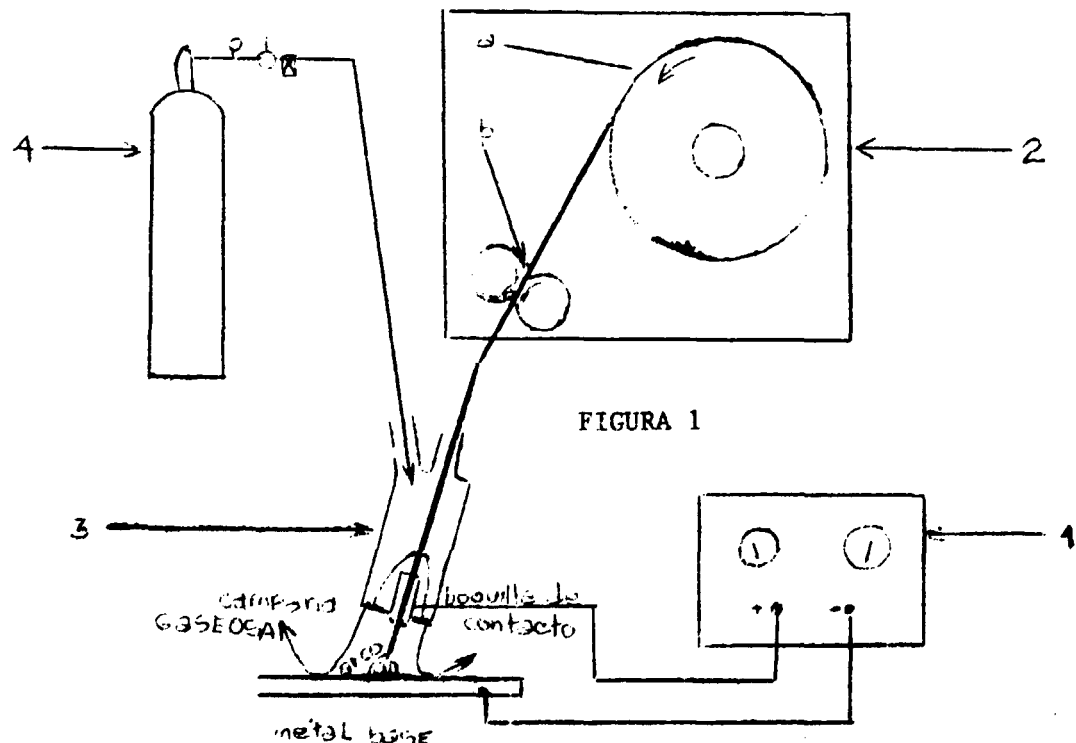
En el caso de soldaduras especiales como ser cobre, aluminio, acero inoxidable, etc., los gases más recomendables son el argón y el helio.

2.- El proceso MIG

2.1.-Generalidades

En el proceso, se produce desde un alambre alimentado en forma continua, una transferencia de material al baño, a través del arco, bajo una atmósfera protectora gaseosa. Este gas, cubre el arco y el metal fundido de manera de evitar el contacto del material fundido con el aire y así protegerlo de la contaminación con oxígeno y nitrógeno.

El equipo necesario está compuesto por los siguientes elementos (Fig.1):



- 1.-) Fuente de poder de corriente continua
- 2.-) Fuente de alimentación de alambre con su rollo de alambre (a) y su mecanismo tractor (b)
- 3.-) Torcha
- 4.-) Tubo de gas protector con precalentador, manómetro y caudalímetro

2.2.-Ventajas del Sistema

El proceso de soldadura MIG presenta innumerables ventajas frente a otros procesos tales como los ejecutados con electrodo revestido, arco sumergido y TIG, cuando es usado en forma manual o automática. Algunas de estas ventajas son:

- Posibilidad de ejecutar la soldadura en todas posiciones
- Se evita la pérdida de tiempo que acarrea la remoción de escoria, ya que esta no se produce.
- El material aportado es de excelente calidad
- Comparado con el proceso con electrodo revestido, el sistema MIG utiliza la mitad o a veces la tercera parte del tiempo para ejecutar un mismo cordón
- Se logran altas velocidades de avance del arco, lo que genera una menor distorsión de las piezas que se están soldando ya que el aporte de calor es menor
- Se obtienen soldaduras de alta calidad
- Grandes gargantas pueden ser rellenas o "puenteadas" pudiendo de esta manera, efectuar algunas reparaciones con más eficiencia
- La pérdida de material que se presenta con los electrodos revestidos al no poder utilizar la totalidad de los mismos no se presenta en el sistema MIG
- No hay riesgo de inclusiones de escoria

2.3.-Conexiones

El proceso de soldadura MIG, utiliza siempre una fuente de alimentación de corriente continua. Por lo general el alambre (electrodo) está conectado al polo positivo. Esta conexión es conocida como polaridad inversa. La polaridad directa (negativo conectado al alambre) es raramente utilizada, ya que origina una muy pobre transferencia de material del electrodo a la pieza.

Comunmente se utilizan corrientes que varían entre 50 ó 60 amperes hasta los 600 amperes o más, con voltajes que oscilan entre 15 y 32 voltios.

Un arco estable autocorregido, se obtiene utilizando equipos con fuente de poder de potencial constante a una velocidad de alambre también constante.

3.- Variaciones del proceso-transferencia del metal

3.1.-Generalidades

El proceso MIG Básico, presenta en sí mismo tres técnicas distintas:

- a) Transferencia de metal por corto circuito o arco corto
- b) Transferencia Globular y
- c) Transferencia spray o por rocío.

Cada una de estas técnicas describe la manera en que el metal es transferido desde el alambre a la pileta fundida. En el caso de la transferencia por cortocircuito, también conocida por arco corto, la transferencia de metal ocurre cuando se produce un corto circuito. Este cortocircuito se origina en el momento en que el metal fundido en la punta del alambre toca el metal fundido de la pileta. En la soldadura por arco spray, pequeñas gotas de metal fundido se desprenden de la punta del alambre, y fuerzas electromagnéticas las proyectan contra la pileta fundida. La transferencia globular ocurre cuando las gotas desprendidas son más grandes y se mueven hacia la pileta fundida bajo la influencia de la gravedad.

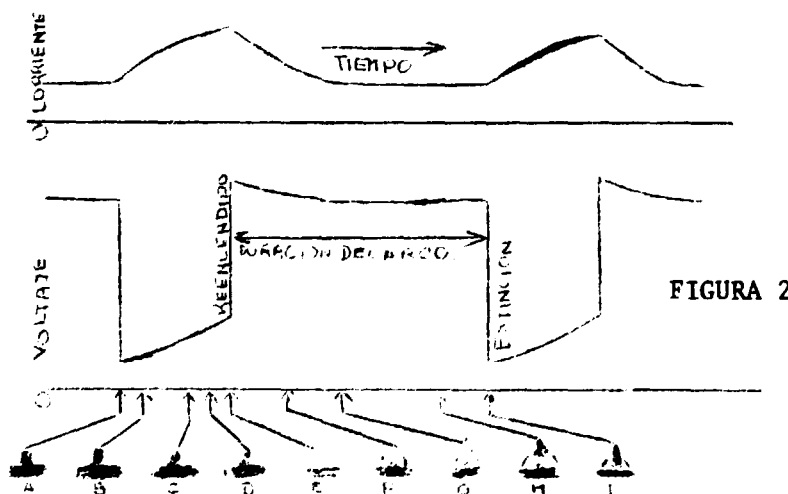
Los factores que influyen directamente en el modo de transferencia del metal son: la corriente de soldadura, el diámetro del alambre, la longitud del arco (voltaje), características de la fuente y el gas protector.

3.2.- La técnica de arco corto utiliza alambres cuyos diámetros oscilan entre 0,8 y 1,2 mm y opera con bajos voltajes (longitudes de arco) y bajas corrientes. Con este método, se obtiene un pequeño cordón de enfriamiento rápido.

Esta técnica es especialmente recomendada para materiales finos en todas las posiciones, y materiales gruesos en posición vertical y sobre cabeza. También se recomienda cuando se requiere una mínima distorsión de la pieza.

El metal se transfiere solamente cuando entran en contacto el alambre y la pileta fundida, o en cada cortocircuito que se hace entre ellos. El alambre cortocircuita la pieza entre 20 y 200 veces por segundo.

En la figura 2, se muestra un ciclo completo de arco corto



Cuando el alambre toca la pileta fundida (A), la corriente comienza a crecer hasta al valor de cortocircuito. Cuando alcanza este valor que es muy alto, se transfiere el metal, y seguidamente se produce la reignición del arco. Debido a que el alambre es alimentado a una velocidad mayor que la velocidad del arco para fundirlo, el arco se extinguirá por otro cortocircuito. De esta manera, el ciclo comienza nuevamente. La transferencia de material sólo se realiza durante el cortocircuito y no ocurre durante el período de duración del arco.

Para asegurar una buena estabilidad del arco, deben emplearse relativa-

mente bajas corrientes. Estos valores de corriente oscilan entre un mínimo de 50 y un máximo de 250 amperes. Los valores más bajos para los alambres de menor diámetro y los más altos para los de diámetro mayor, también dependen del gas protector que se esté utilizando.

3.3.- A medida que se aumentan los valores de corriente y voltaje y se sobrepasan los valores recomendados para arco corto, la transferencia de metal ofrece un aspecto distinto. Esta técnica es comúnmente conocida con el nombre de transferencia Globular. Usualmente, el diámetro de las gotas del metal fundido, supera al del alambre. El modo de transferencia mencionado, puede ser muy errático, con salpicaduras y cortocircuitos ocasionales.

3.4.- Si se continúan aumentando los valores de corriente y voltaje, la transferencia de metal será la llamada "spray". La denominada corriente de transición, será la mínima corriente para la cual ocurre la transferencia "spray". Los valores de la corriente de transición, varían en función de material, diámetro del alambre y gas protector utilizado. Por ejemplo:

Para aluminio con alambre \varnothing 0,8mm y Protección de Argón es de 95A
Para aluminio con alambre \varnothing 1,6mm y Protección de Argón es de 180A
Para Hierro Dulce con alambre \varnothing 1,6mm y Protección con una mezcla de 98% de argón y 2% de oxígeno es de 275A.
Para cobre desoxidado con alambre \varnothing 1,6mm y Protección con Argón es de 310A

El CO₂ (Anhídrido carbónico) en porcentajes mayores del 15% en la mezcla de gases protectores, no permitirá alcanzar la corriente de transición y por lo tanto no existirá pasaje del modo globular al spray.

En la figura 3, se esquematiza la característica columna de arco que es fina.

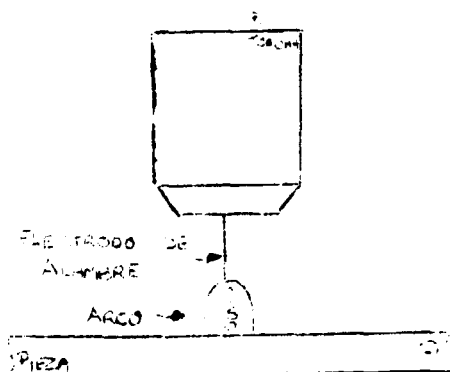


FIGURA 3

Las gotas de metal fundido son muy pequeñas. Este hecho asegura la buena estabilidad del arco. Otro hecho que cabe mencionar es que en esta técnica de soldadura, siempre existe una pequeña cantidad de salpicaduras. Los cortocircuitos ocurren muy raramente.

El método produce grandes cantidades de metal depositado en el cordón y es especialmente recomendado para la unión de materiales cuyos espesores sean mayores de 3/32" (2,4mm).

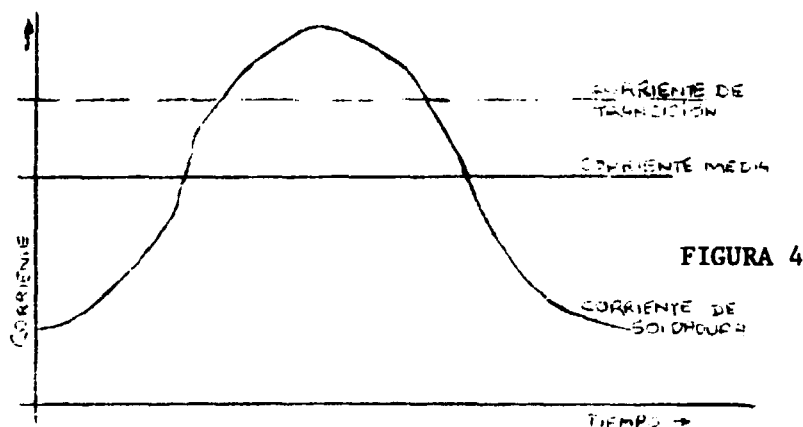
Salvo en el caso de Cobre o Aluminio, la técnica debe utilizarse en posición horizontal bajo mano, debido a que el cordón obtenido es grande. Por lo tanto, cuando sea necesario soldar aceros dulces en posiciones que no sean como la indicada, deben obtenerse pequeños cordones con alambres

cuyos diámetros oscilen entre 0,9 y 1,2mm y efectuar varias pasadas.

Los gases comunmente utilizados son el Argón y el Argón mezclado con oxígeno (1-2%).

3.5.- Una variante de la técnica de arco "spray", es conocida como "spray pulsante". En este método, el valor de la corriente se hace oscilar entre un mínimo y un máximo. El valor menor de la corriente se mantiene por debajo del valor de la corriente de transición y el más alto, en la zona de soldadura con arco "spray".

El metal es transferido solamente durante el período en que la corriente es alta. Por lo general, se transfiere una gota en cada pico de corriente.



La figura 4 muestra un modelo de corriente utilizado para soldar con esta técnica. En general se utilizan pulsos que varían entre 60 y 120 por segundo.

Debido a que el pico de corriente se encuentra dentro de la zona de arco "spray", la estabilidad del arco es similar a la de esa técnica. El período de baja corriente, mantiene el arco y además sirve para reducir el valor medio de la corriente. Por lo tanto, la técnica de arco "spray pulsante" producirá un arco spray con valores de corriente más bajos, que los que requiere el arco spray convencional, permitiendo la soldadura de elementos con menores espesores con la técnica de spray ARC utilizando alambres de diámetros considerables, manteniendo el alto grado de deposición de material que de otra manera, sería imposible.

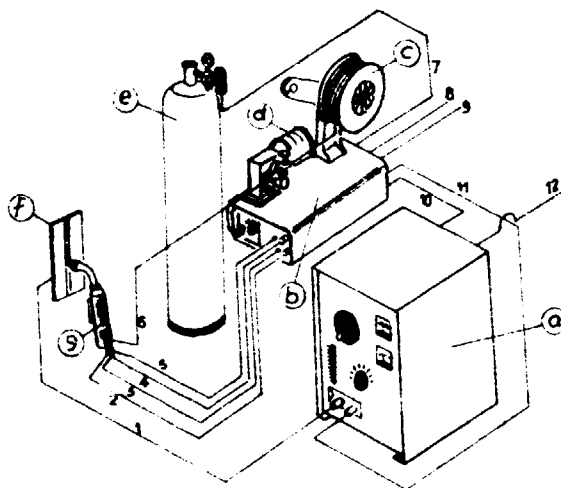
Además puede utilizarse fuera de posición para mayores secciones.

4.- Equipo - Manual y Automatizado

4.1.- Soldadura Manual (Figura 5)

La instalación de un equipo MIG para soldadura manual es muy simple de hacer. Como el avance del arco es hecho exclusivamente por el soldador, solamente son necesarios los siguientes elementos:

- 1.- Torcha y Accesorios
- 2.- Control de soldadura y motor para el avance del alambre.
- 3.- Fuente de alimentación



- | | |
|--|--|
| 1.-) Cable de Poder (negativo) | 6.-) Guía del alambre (conduit) |
| 2.-) Salida de agua de la torcha y cable de poder (positivo) | 7.-) Gas protector desde el tubo |
| 3.-) Gas protector | 8.-) Salida de agua de refrigeración |
| 4.-) Interruptor de la torcha | 9.-) Entrada de agua de refrigeración |
| 5.-) Entrada de agua de refrigeración a la torcha | 10.-) Alimentación del control de soldadura |
| | 11.-) Cable de poder (positivo) |
| | 12.-) A corriente primaria (220-380V trifásicos) |

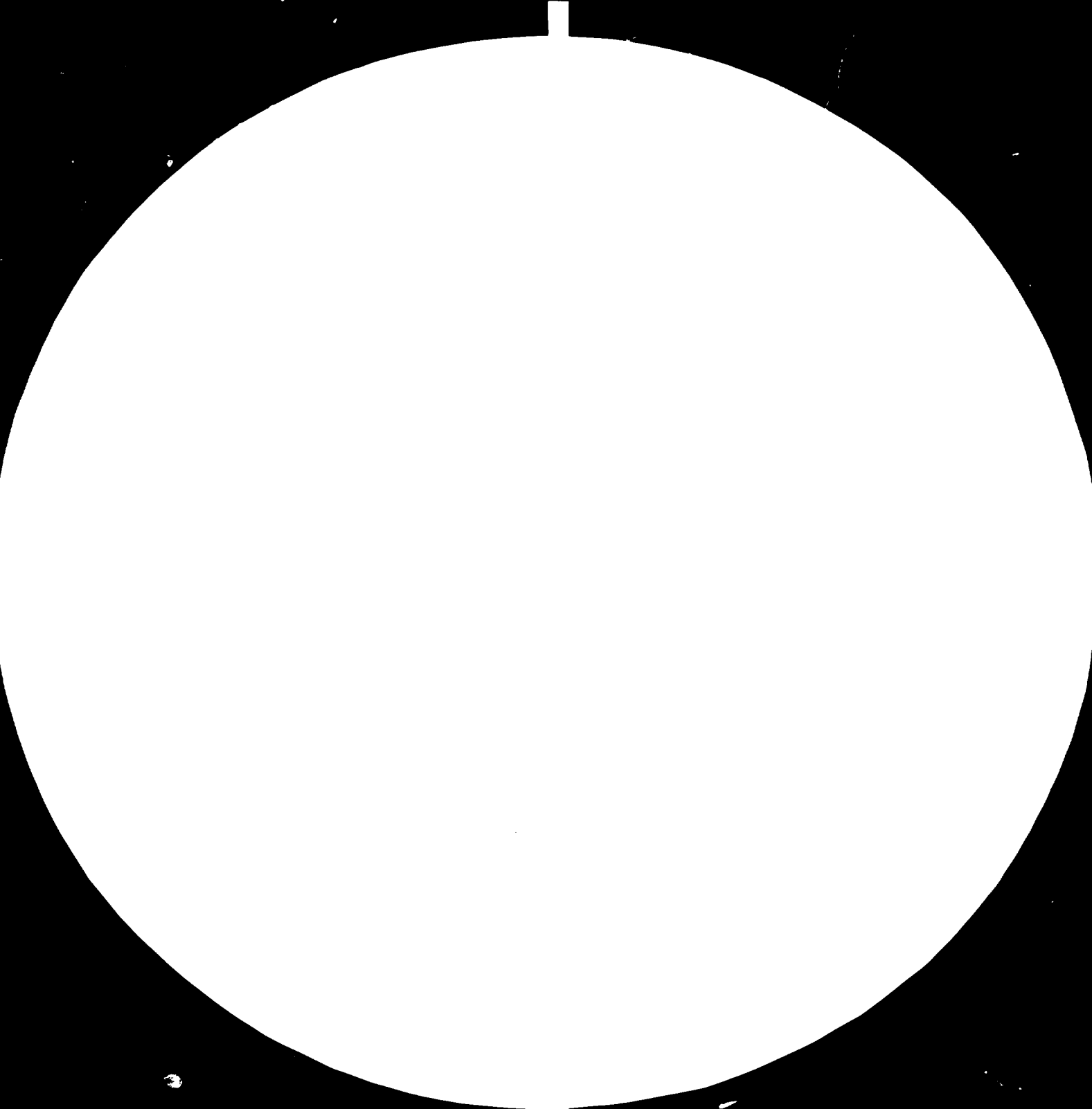
- | | |
|---------------------------------|------------------|
| a) Fuente de alimentación | e) Gas protector |
| b) Control de soldadura | f) Pieza |
| c) Rollo de alambre | g) Torcha |
| d) Motor para avance de alambre | |

4.2.-Torchas y Accesorios

La torcha guía el alambre y el gas protector a la zona de soldadura, además de suministrarle la corriente al alambre. Las distintas fábricas de estos equipos, han diseñado distintos tipos de torchas, cada una de las cuales, se adapta a distintos tipos de trabajo. Estas torchas van desde las diseñadas para trabajos pesados con altas corrientes hasta las torchas para bajas corrientes. La forma de las mismas también varía según el tipo de trabajo (por ejemplo punteado) y la posición del trabajo a ejecutar. En to dos los casos existen torchas refrigeradas con agua o aire.

El tubo que guía al alambre, también llamado tubo de contacto, está hecho de cobre y además de guiar el alambre, cumple la función de transmitirle la corriente de soldadura, que es llevada hasta la torcha por el cable de poder. Debido a que el alambre debe pasar con facilidad por el tubo de contacto y a la vez hacer un buen contacto, el diámetro del agujero del tu bo es importante y se encuentra en los folletos de los proveedores en función de los diámetros de alambre disponibles en el mercado.

Este tubo que debe ser cambiado cada vez que su desgaste, al margen de roturas, debe estar firmemente asegurado a la torcha y centrado lo más ' exactamente posible en la cámara de gas.





ANSI #2 USAF 1951 Resolution Test Chart

Resolution Test Chart, 1951, USAF #2

Resolution Test Chart, 1951, USAF #2

Resolution Test Chart, 1951, USAF #2

Resolution Test Chart, 1951, USAF #2

La boquilla de gas o tobera cumple la función de crear una campana de gas protector que rodee al alambre y el arco y proteja al metal ya depositado sobre la pieza que todavía se encuentra caliente. En equipos que trabajan con altas corrientes, las toberas son más grandes que en los equipos que trabajan con bajas corrientes, debido a que aquellos conforman cordones también más grandes.

El tubo conductor del alambre (conduit), sus conectores y boquilla de enhebrado cumplen la función de dirigir el alambre hacia la torcha y tubo de contacto. Como para obtener un arco estable es condición indispensable la alimentación de alambre a velocidad constante, estos elementos tienen un papel fundamental. Cuando el alambre no está perfectamente soportado y guiado puede trabarse entre los rodillos alimentadores y el tubo de contacto. La boquilla de enhebrado puede suministrarse como parte integral del conduit o bien como parte reemplazable. Cuando se utilizan alambres de acero, se utilizan guías de acero espiralada. Los guías de nylon u otros materiales plásticos, son utilizados para guiar alambres de aluminio o cobre. En la literatura suministrada con cada torcha, se encuentra una lista con los elementos y piezas que sirve de repuesto.

4.3.-Controles de soldadura y motor para el avance del alambre (grupo alimentador)

Los controles y el grupo alimentador de alambre son suministrados generalmente, dentro de un mismo paquete, tal cual como se puede apreciar en la Figura 5.

La función principal que cumplen es la de empujar el alambre hacia la soldadura y mantener el avance del alambre en un valor constante y apropiado para el tipo de trabajo. La velocidad de avance del alambre se obtiene fijando la perilla en un valor predeterminado. Los controles del alimentador no sólo mantienen esta velocidad de avance, sino que también controlan el comienzo y parada de alimentación, mandados por el interruptor que se encuentra en la torcha.

También, el gas protector, agua de refrigeración y corriente de soldadura son suministrados a la torcha por el grupo alimentador. A través del uso de válvulas a solenoide, el suministro de gas y agua está coordinado con el suministro de corriente. El control determina la secuencia de energizado de los contactores. Además, el control permite el pasaje de gas antes del encendido del arco y luego de finalizado el cordón.

4.4.-Fuente de alimentación

La mayoría de las soldaduras con sistema MIG se ejecutan con polaridad invertida. Por lo tanto, el cable de positivo va conectado a la torcha y el de negativo a masa.

Desde el momento en que la velocidad de avance de alambre y por lo tanto el valor de la corriente son controlados desde el alimentador, el ajuste básico que se hace desde la fuente, es el de la longitud del arco (voltaje).

En general, las fuentes son alimentadas con corriente trifásica de 220 ó 380 V. Además del cable de masa que va conectado a la fuente, la única conexión que lleva es la del alimentador para obtener la corriente en secuencia con las otras funciones.

Además, desde la fuente se controlan los valores de pendiente e induc-

tancia que serán discutidos más adelante.

4.5.-Soldadura mecanizada o automatizada

Un sistema automatizado de soldadura MIG se justifica cuando existe una gran cantidad de trabajos repetitivos. Estos trabajos, pueden entonces ser ejecutados con mayor facilidad y velocidad, hecho que redundará en una mayor eficiencia.

El avance del arco es automático y controlado por su dispositivo construido a tal efecto. Con estos sistemas se aumenta la velocidad de avance del arco a la vez que se anulan los defectos provocados por las inevitables variaciones producidas por el soldador, obteniéndose mejores soldaduras.

El equipo de soldadura en un dispositivo mecanizado, es similar al del sistema manual excepto en:

- 1.- La torcha está directamente ubicada debajo del alimentador de alambre eliminando la necesidad del conduit, hecho que trae aparejada la inexistencia de los problemas de enganches del alambre.
- 2.- Los controles están montados independientemente del alimentador. A este efecto, se utilizan sistemas de control remoto.
- 3.- Además, debe utilizarse equipo que permita el avance automático del dispositivo tales como carros de avance sobre vigas horizontales.

El control de la soldadura también coordina el movimiento del carro conjuntamente con el encendido del arco.

4.5.1.-Secuencia de operación

Con un ejemplo, se puede considerar la operación del sistema esquematizado en la Figura 6

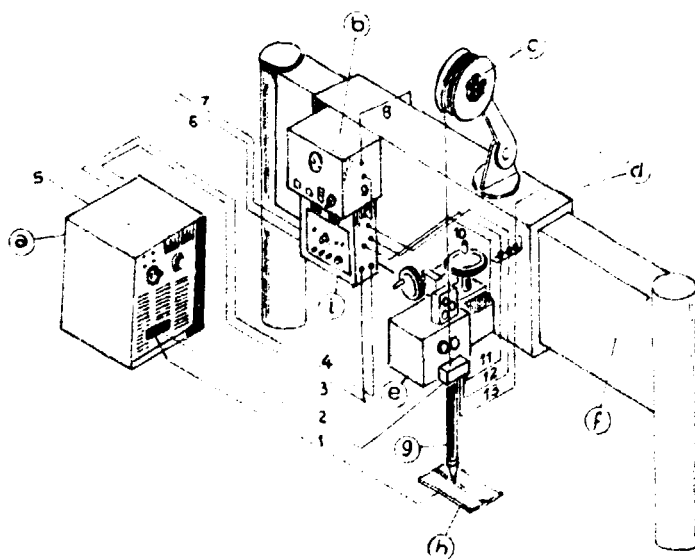


FIGURA 6

- 1) Cable de Poder (negativo)
- 2) Cable de Poder (positivo)
- 3) Detención de Voltaje y Corriente de Soldadura
- 4) Alimentación de controles
- 5) A corriente primaria (220-380 V)
- 6) Entrada de Agua Refrigerante
- 7) Entrada de Gas Protector
- 8) Alimentación Motor del Carro
- 9) Alimentación de Comandos del Carro
- 10) Al Motor de Alimentador de alambre
- 11) Entrada de Gas Protector
- 12) Entrada de Agua Refrigerante
- 13) Salida de Agua Refrigerante

- a) Fuente de Alimentación
- b) Controles del Motor del Carro
- c) Rollo de alambre
- d) Carro
- e) Motor del alimentador de alambre
- f) Viga
- g) Torcha
- h) Pieza
- i) Control de Soldadura

- 1.- Encender la Fuente de Alimentación
- 2.- Poner la llave de selección en "listo" para que se encienda el motor del circuito de refrigeración de la torcha y el circuito de control
- 3.- Encender el control de soldadura para energizar el sistema
- 4.- Cerrar el interruptor de la torcha para causar el flujo del agua y del gas protector. La torcha es alimentada con corriente y el alambre comienza a avanzar. Cuando el alambre toca la pieza, comienza la soldadura.
- 5.- Abrir el interruptor de la torcha para finalizar el cordón

La mayoría de las instalaciones de este tipo operan de manera similar. A pesar de ello, el diseño y la construcción del equipo pueden variar.

5.- Fuente de Poder

5.1.-Generalidades

La mayoría de los equipos para soldadura MIG son de voltaje constante. Esto contrasta con los sistemas TIG y de electrodos, ya que estos utilizan la corriente constante que les proveen sus fuentes.

Una fuente MIG suministra un voltaje relativamente constante al arco durante el soldeo. El voltaje determina la longitud del arco.

Cuando ocurre un cambio repentino en la velocidad de avance del alambre, o una variación momentánea de la longitud del arco, la fuente, abruptamente, aumenta o disminuye el valor de la corriente (y por lo tanto la fusión del alambre) dependiendo de la dirección del cambio de la longitud del arco. Los cambios en la velocidad de fusión del alambre, automáticamente restaurarán la longitud original del arco. Por ejemplo, si el arco se alarga, la corriente bajará de tal manera que la velocidad de avance del alambre será mayor que la velocidad de fusión del mismo, obteniéndose un acortamiento del arco hasta que se llegue al valor original, momento en el cual se restituye el equilibrio.

La velocidad de avance del alambre es un valor que el operario fija a priori, y de esta manera queda fijo el valor de la corriente de arco. Este

valor puede ser variado considerablemente antes que la longitud del arco produzca efectos nocivos.

5.2.-VARIABLES CONTROLADAS DESDE LA FUENTE DE PODER

5.2.1.-Generalidades

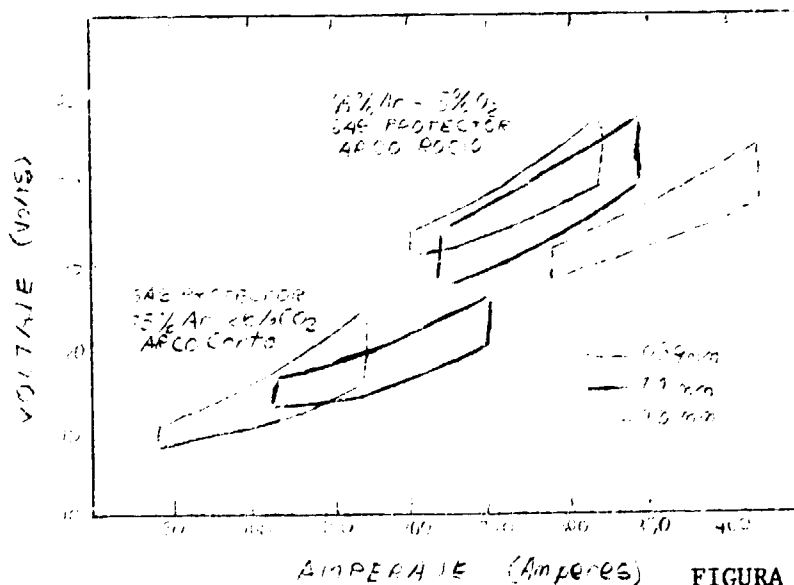
Los sistemas de soldar de voltaje constante, con dispositivos automáticos para la corrección de la longitud del arco, son muy importantes cuando se pretenden condiciones de trabajo constante. Características eléctricas muy específicas son necesarias para controlar el calor del arco, salpicaduras, etc. Dentro de ellas se encuentran el Voltaje, la pendiente y la inductancia.

5.2.2.-Voltaje

El voltaje de arco es aquel voltaje medido entre la punta del alambre y la pieza, con el arco encendido. Se diferencia del voltaje de vacío precisamente en esto último, ya que este es el voltaje medido entre la punta del alambre y la pieza con el equipo en vacío, es decir, con arco extinguido. Debido a que el mencionado voltaje cae en el momento del inicio de la soldadura, no puede ser directamente leído del voltímetro del equipo.

El voltaje de arco, que determina la longitud del arco, juega un papel muy importante en la variación del proceso o en el tipo de transferencia de metal deseada. La soldadura por arco corto (short arc) requiere relativamente bajos voltajes mientras que en la soldadura spray, estos valores son considerablemente mayores. También debe hacerse notar que a medida que aumentan el valor de la corriente de soldadura y el régimen de fusión, el valor del voltaje debe ser aumentado paralelamente, ya que dicho voltaje para un valor fijo de longitud de arco, aumenta levemente con el aumento del valor de la corriente.

La Figura 7, muestra un gráfico en el cual se relacionan los valores de voltaje y corriente para 2 mezclas de gases comunes en la soldadura de aceros dulces.



En este gráfico puede apreciarse que la longitud del arco (volta

je) es aumentada al mismo tiempo que aumenta la corriente, hecho " que asegura la operación en buenas condiciones.

5.2.3.-Pendiente

La Figura 8 ilustra gráficamente las características de voltaje y amperaje de una fuente de poder MIG. La inclinación de la curva respecto de la horizontal es comunmente llamada "Pendiente del Equipo". La pendiente se refiere o mejor dicho muestra la caída del voltaje de salida en función del aumento de corriente. Por lo tanto, las fuentes de potencial constante con pendiente, no proveen voltaje constante en función de razones que se consideran más adelante.

Como un ejemplo de pendiente, supongamos que el voltaje de vacío es fijado en 25 V, y que los valores de voltaje y amperaje en condiciones de soldadura son 19 y 200 respectivamente como muestra la figura 8.

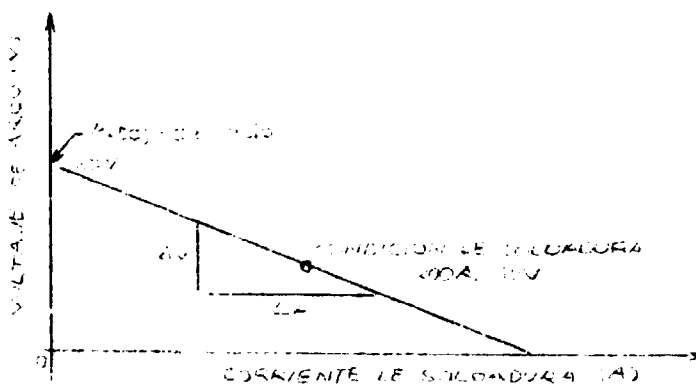


FIGURA 8

La caída de potencial AV es de 6 V (de 25 a 19 V). En AA= 200 A. Por lo tanto, la pendiente es

$$P = \frac{AV}{AA} = \frac{6V}{200A - 100A} = \frac{3V}{100A}$$

El valor de la pendiente, dado por el fabricante del equipo y medido en los terminales del mismo, no es el valor de la pendiente total del sistema. Todo aquello que aumenta la resistencia del sistema, aumenta la caída de potencial para una corriente fijada. Los cables, conexiones, contactos sucios, etc., se suman a la pendiente. Por lo tanto, la pendiente en realidad debería ser medida en el mismo arco.

La pendiente en un equipo MIG se usa para limitar la corriente de cortocircuito. De esta manera, se reducen las salpicaduras producidas al cortocircuitarse el alambre con la pieza. Cuando más grande es la pendiente, los cortocircuitos disminuyen, dentro de ciertos límites, por supuesto, y por lo tanto se disminuye el porcentaje de proyecciones y salpicaduras.

El valor de la corriente de cortocircuito debe ser lo suficientemente alto (pero no demasiado) como para permitir el desprendimien-

to de las gotas de metal fundido del alambre. Cuando el circuito no tiene pendiente o tiene muy poca, la corriente de cortocircuito crece hasta un valor muy alto y se origina una reacción muy violenta en miniatura. Esta reacción es la que produce salpicaduras y proyecciones.

Cuando el valor de la corriente de cortocircuito está limitada a valores muy bajos, hecho que ocurre cuando el circuito tiene excesiva pendiente, el electrodo de alambre puede soportar toda la corriente sin fundirse. En este caso, el material puede apilarse sobre la pieza o aplanarse contra el cordón y ocasionalmente puede cortarse el electrodo y producir allí el cortocircuito ya que la resistencia es menor y por lo tanto el valor de la corriente es más alto. Estos ejemplos se esquematizan en la Figura 9.

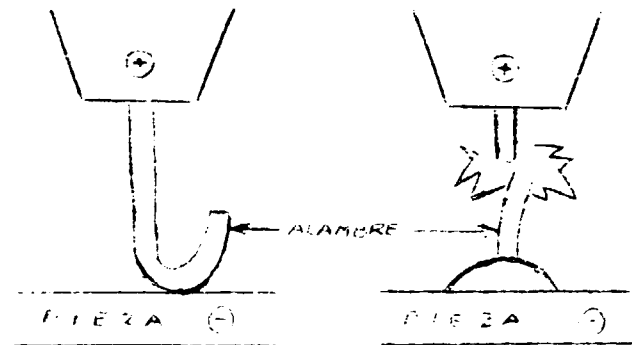


FIGURA 9

Cuando la corriente de cortocircuito tiene el valor apropiado, el desprendimiento de las gotas de metal fundido es suave con muy pocas proyecciones.

En la tabla 1 del apéndice, figuran los valores típicos de corriente de cortocircuito requeridos para la transferencia de metal con óptima estabilidad del arco.

5.2.4.-Inductancia

Las fuentes de los equipos de soldadura que estamos tratando, no responden instantáneamente a los cambios de carga. La corriente toma un tiempo finito en llegar al nuevo valor. La inductancia en el circuito, es la responsable de este período de tiempo. El efecto de la inductancia puede ser analizado, teniendo en cuenta la gráfica de la Figura 10. La curva A muestra la relación típica entre corriente y tiempo con inductancia a medida que la corriente crece desde cero hasta su valor final. La curva B, muestra qué hubiera pasado sin inductancia en el circuito. El valor máximo de corriente obtenible en un cortocircuito es determinado por la pendiente de la fuente. La inductancia controla la velocidad de crecimiento de la misma corriente de cortocircuito. Dicha velocidad puede ser atenuada de manera que el cortocircuito se produzca con la menor cantidad de proyecciones.

La inductancia almacena también energía que es suministrada al arco luego de producido el cortocircuito.

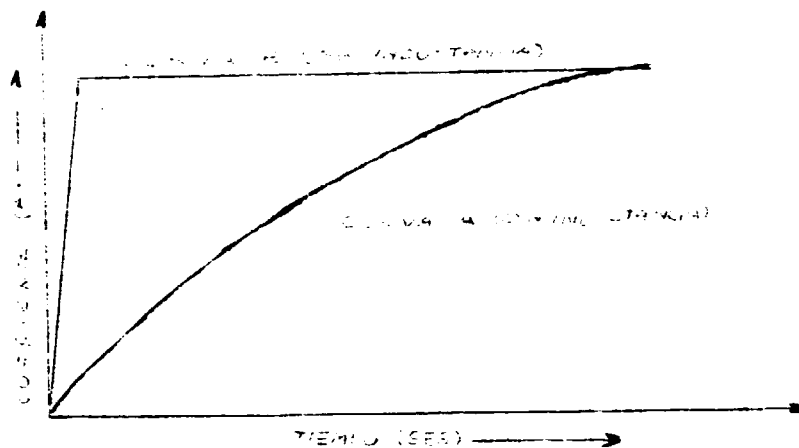


FIGURA 10

En la soldadura con arco corto, un aumento en la inductancia aumenta el tiempo de encendido del arco. Esto también produce un cordón más fluido, es decir que al ser la deposición más fluida, el cordón se aplana. Cuando se disminuye la inductancia, lo opuesto es válido. En algunos casos, con el aumento de la inductancia, además de reducir significativamente las proyecciones, se logran penetraciones más profundas. Esto último es apreciable con mezclas de helio, argón y anhídrido carbónico (90% He, 7,5% A, 2,5% CO₂) como protección gaseosa de la soldadura.

En la soldadura spray, un pequeño aumento de la inductancia produce un mejor encendido del arco. Una inductancia demasiado alta, producirá un encendido errático.

Cuando existen conjuntamente valores apropiados de la corriente de cortocircuito y velocidad de incremento de corriente, las proyecciones son mínimas. Los ajustes requeridos en la fuente para obtener la mínima cantidad de proyecciones varían con el material y diámetro del electrodo. Como regla general puede decirse que a medida que aumenta el diámetro del alambre, aumentan con él, el valor de la corriente de cortocircuito y la inductancia necesaria.

6.- Gases Protectores

6.1.-Generalidades

La protección gaseosa tiene la función de desplazar el aire de la zona de soldadura para evitar la contaminación del metal fundido. Esta contaminación es fundamentalmente causada por el nitrógeno oxígeno y vapor de agua presentes en la atmósfera.

Como un ejemplo, el nitrógeno en acero solidificado, reduce la ductilidad y la resistencia al impacto de la soldadura y hasta puede llegar a producir grieta. En cantidades mayores, produce porosidad en la soldadura.

El exceso de oxígeno en el acero, se combina con el carbono para formar monóxido (CO). Este gas puede quedar atrapado en el metal y causar porosidad. Además, el oxígeno se puede combinar con otros elementos formando compuestos que quedan incluidos en la soldadura.

Cuando el hidrógeno, presente en el vapor de agua se combina con hierro

o aluminio causa porosidad y agrietamiento del cordón.

Para evitar estos problemas, asociados a la contaminación del metal, los tres gases más importantes utilizados en la soldadura con sistema MIG son el argón, el helio y el anhídrido carbónico. En algunos casos se ha comprobado que pequeños porcentajes de oxígeno pueden resultar beneficiosos.

De estos gases, sólo el argón y el helio son inertes. Por lo tanto, en el caso del oxígeno y el anhídrido carbónico, los materiales de aporte deben tener elementos en su composición que tiendan a neutralizar la tendencia a la oxidación.

Estos gases, pueden ser usados solos o mezclados con otros para proveer soldaduras sanas, libres de defectos en una gran variedad de materiales y aplicaciones.

6.2.-Propiedades de los gases

Las propiedades básicas de los gases protectores que afectan el rendimiento del proceso MIG incluyen:

- 1.- Propiedades térmicas a temperaturas elevadas
- 2.- Reacciones químicas del gas con elementos del alambre y metal de base.
- 3.- Efecto de cada gas sobre el modo de transferencia del metal.

6.2.1.- La conductividad térmica del gas a la temperatura del arco, tiene influencia en el voltaje del arco, así como también sobre la energía térmica que el arco puede suministrar a la soldadura. A medida que crece la conductividad térmica, con necesarios mayores voltajes de arco para que éste se mantenga encendido. Por ejemplo, el helio y el anhídrido carbónico tienen mayor conductividad térmica que el argón, y por lo tanto, aportan más calor a la soldadura. A pesar de esto, el He y CO₂, necesitan mayores voltajes y potencias para mantener estable el arco.

6.2.2.- La compatibilidad de cada gas con el alambre y el metal de base, determina el uso de las combinaciones gaseosas en la soldadura. El dióxido de carbono y la mayoría de los gases oxidantes (o que en la mezcla exista oxígeno) no deben ser utilizados para soldar aluminio, ya que se formaría óxido de aluminio. A pesar de esto, el CO₂ y el O₂ son muy útiles en algunos casos y en otros esenciales para soldar aceros. Promueven la buena estabilidad del arco y la buena interfusión entre metales de aporte y de base.

El oxígeno es cerca de diez veces más oxidante que el anhídrido carbónico, y por lo tanto, las adiciones que se hacen al argón, jamás exceden al 5% en volumen, mientras que el anhídrido carbónico puede usarse sólo en la soldadura de aceros dulces.

Cuando se utilizan gases tales como el CO₂ o mezclas que contengan altos porcentajes de CO₂ u Oxígeno, deben utilizarse materiales de aporte con altos contenidos de elementos desoxidantes tales como manganeso y silicio.

6.2.3.- Los gases utilizados en el proceso MIG, también determinan el modo de transferencia del metal y la profundidad hasta la cual se fun

de el metal de base (profundidad de penetración). Altos porcentajes de CO₂ (por ejemplo 15% de CO₂ en argón) no posibilitan la transferencia spray. En estos casos, el modo de transferencia logrado es el Globular. Como resultado, se obtiene mayor cantidad de proyecciones y salpicaduras que dificultan la limpieza del cordón luego de finalizada la soldadura.

En general, cuando se utiliza CO₂, el cordón es más angosto y alto. Debido a esto, es que el material de aporte necesario para una soldadura en filete es mayor que cuando se utilizan otros gases.

6.3.-Gases aplicados a:

6.3.1.-Aceros

La campana gaseosa protectora puede estar formada por uno o más gases mezclados. Estos gases son generalmente argón, anhídrido carbónico y oxígeno.

En general, en la soldadura de aceros dulces, el único gas usado puro es el CO₂, con bajas corrientes para arco corto o altas para transferencia spray. Con él se logran mayores penetraciones en función de su alta conductividad térmica.

Las mezclas usadas son en general:

- 0-1 99% Argón - 1% Oxígeno - Spray en acero inoxidable
- 0-2 98% Argón - 2% Oxígeno - Aceros de baja aleación - Spray en acero inoxidable de alta velocidad.
- 0-5 95% Argón - 5% Oxígeno - Acero Dulce - Spray
- Argón - 3-10% CO₂ - Acero Dulce - Arco Spray
- C-25 Argón - 25% CO₂ - Acero Dulce - Arco corto
- Argón - 50% CO₂ - Chapas Gruesas por arco corto y tubos

También se utilizan mezclas triples como ser 90% Argón - 8% CO₂ - 2% O₂. Son mezclas que se comportan bien, pero no se han determinado ventajas reales sobre las mezclas dobles.

6.3.2.-Metales no Ferrosos

El argón es un gas ampliamente utilizado de la soldadura del aluminio y aleaciones a base de Níquel y en materiales reactivos como el Zirconio y el Titanio. Provee una soldadura spray con excelente estabilidad, penetración y perfil del cordón. También se utiliza en la técnica por arco corto.

Otro gas utilizado a veces es el Helio. No produce el arco estable que produce el argón, pero por su alta conductividad térmica permite grandes penetraciones.

Generalmente se utilizan mezclas de estos dos gases como ser:

- He 25 Argón con 25% He - Se recomienda para Aluminio con mucha penetración.
- He 75 Argón con 75% He - Soldadura de Aluminio de más de 1" de espesor
- He 90 Argón con 90% He - Soldadura de Cobre por encima de 1/2" y aluminio por encima de 3"

También existen mezclas especiales, compuestas por Helio-Arcón y Dióxido de Carbono para la soldadura de acero inoxidable por la técnica de arco corto. Estas mezclas son:

A-1025 y A-475. En general, el CO_2 es mantenido en porcentajes bajos para asegurar buena resistencia a la corrosión. El agregado de $CO_2 + Ar$ provee buena estabilidad del arco y el Helio, por su alta conductividad térmica, asegura buena fluidez del material y excelente penetración. En las tablas 2 y 3 que figuran en el apéndice, se resumen los distintos gases y mezclas para los distintos materiales según las técnicas de arco corto y spray.

7.- Materiales de aporte

7.1.- Introducción

Uno de los factores más importantes a considerar en la soldadura MIG es el material de aporte correcto. Este material en forma de alambre, en combinación con el gas, producirá un depósito químico que definirá las propiedades físicas y mecánicas de la soldadura. Básicamente hay 5 factores importantes que hay que considerar en la elección del material de aporte en la soldadura MIG:

- 1.- Composición química del material de base
- 2.- Propiedades mecánicas del material de base
- 3.- Gas empleado para la protección de la soldadura
- 4.- Tipo de servicio o especificaciones requeridas para la pieza
- 5.- Diseño o forma de la Junta

En general los fabricantes de estos materiales se avienen a las especificaciones de la American Welding Society (AWS), que por su experiencia ha determinado una norma de fabricación teniendo en cuenta los factores anteriormente mencionados.

7.2.- Materiales Ferrosos

Además del Hierro, entran en la composición distintos elementos cuya función es la desoxidación del cordón y ayudar a determinar las características mecánicas finales.

El silicio es el elemento más comunmente empleado para la desoxidación. Generalmente los alambres contienen entre 0,40% y 1,00% de Si, dependiendo del uso del alambre. En estos porcentajes, el silicio aumentará la resistencia de la soldadura con el sacrificio de un poco de ductilidad y tenacidad. Con Si entre 1,00 y 1,20%, la soldadura será sensible al agrietamiento.

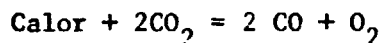
Otro elemento que cumple la función de desoxidar el cordón es el manganeso. Otra de las funciones que cumple es la de aumentar la resistencia del cordón. En general, en los alambres para soldadura MIG se encuentran cantidades que varían entre el 1 y 2%. Mayores contenidos de manganeso, aumentan la resistencia del cordón en mayor grado que el silicio. También reduce la sensibilidad al agrietamiento en caliente.

El carbono influye en la estructura y propiedades mecánicas más que cualquier otro elemento. Para el propósito de la soldadura de aceros, el contenido de carbono de los alambres para soldadura MIG oscilan entre 0,05

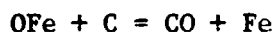
y 0,12%. Estos porcentajes son suficientes para lograr una buena resistencia con buena ductilidad, tenacidad y con poca o nula porosidad.

Cuando aumenta el contenido de C del metal de aporte y de base, se produce porosidad, particularmente cuando se trabaja con CO_2 . Cuando se excede de 0,12% el metal soldado perderá C en forma de CO (monóxido de carbono). Este gas, al quedar retenido en la soldadura, causará la porosidad. Esta porosidad se evita con desoxidantes adicionales.

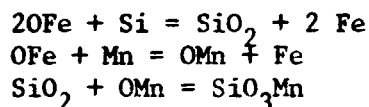
Cuando se suelda con CO_2 sobre acero se producen las siguientes reacciones:



El oxígeno libre oxida el Hierro formando OFe y este último reacciona con el C de la pileta resultando



Este CO produciría porosidad. Para evitarlo, es que se agrega Si y Mn. Las reacciones químicas que se producen son:



El silicato de manganeso se deposita sobre el cordón como una capa fina discontinua de escoria fácilmente eliminable (puntos oscuros brillantes sobre el cordón). El manganeso también cumple una función desulfurante formando sulfuro de manganeso (SMn). El Si y Mn remanentes pasan al baño como elementos aleantes.

El aluminio, Titanio y Zirconio son también desoxidantes muy enérgicos. Suelen hacerse agregados de estos elementos en porcentajes que no superan el 0,20% en total. En este rango, se puede observar un leve aumento de resistencia.

Otros elementos que se agregan al alambre, para mejorar sus propiedades de corrosión y/o resistencia, son el níquel, el cromo y el Molibdeno. En alambres para acero al Carbono, con pequeños agregados, se logran mejorar la resistencia y la tenacidad del depósito. En el caso de aceros inoxidable, los porcentajes son mucho más altos.

En las Tablas 4 y 5 que se encuentran en el apéndice, se resumen las composiciones de los alambres y las propiedades mecánicas de los cordones según la norma AWS A5.18-69. Asimismo, en la Tabla 6 se resumen las composiciones químicas de los alambres de acero inoxidable según la norma AWS A.5.9-69.

7.3.-Materiales no Ferrosos

7.3.1.-Aluminio y Aleaciones de Aluminio

Los principales elementos utilizados en la producción de alambres de aleación de aluminio son el magnesio, manganeso, zinc, silicio y cobre. La primera razón que justifica el agregado de estos elementos es elevar la resistencia del aluminio puro.

En la Tabla 7 del apéndice se listan las composiciones químicas de los distintos alambres de aluminio y su designación según la norma

ma AWS A5.10-69.

7.3.2.-Cobre y Aleaciones de Cobre

La mayoría de los alambres de cobre, contienen distintos aleantes que a pesar de disminuir la conductividad térmica del cobre puro, son necesarios para aumentarle su resistencia, desoxidar la soldadura e igualar su composición a la del material de base.

En las Tablas 8 y 9 del apéndice se listan las composiciones químicas de algunos alambres de aleación de cobre, sus designaciones y propiedades mecánicas requeridas por la norma AWS A5.6-69.

7.3.3.-Nota

Debe destacarse que la elección del alambre apropiado depende del material de base y no del gas protector ya que éste puede ser argón o Helio solamente.

8.- Parámetros de soldadura y técnicas

8.1.-Efecto sobre la soldadura

Luego de haber seleccionado el material de aporte y el gas apropiado, se deben elegir las condiciones de operación. Los parámetros más importantes son la corriente de soldadura, la longitud libre, de alambre, el voltaje de soldadura y la velocidad de avance del arco. Estos parámetros afectan considerablemente las características de la soldadura. Debido a que estos valores pueden variarse en un rango muy amplio, son considerados como ajustes preliminares en cada operación de soldadura, y deben ser anotados para cada tipo diferente de soldadura, de manera de poder reproducirlo cuando se presente nuevamente el trabajo.

8.1.1.-Corriente de Soldadura

La corriente de soldadura es el amperaje eléctrico que la fuente suministra mientras se ejecuta la soldadura. Este valor puede ser generalmente leído del amperímetro colocado en la fuente aunque suelen usarse también amperímetros separados del equipo.

En el proceso de soldadura MIG, la corriente está directamente relacionada con la velocidad de avance del alambre (si la longitud libre de alambre se mantiene constante). A medida que se varía la velocidad de avance del alambre, la corriente varía en la misma dirección. En otras palabras, un aumento (disminución) de la velocidad de avance del alambre, traerá aparejada un aumento (disminución) del valor de la corriente.

En la Figura 11 se muestra una gráfica de la curva de relación entre velocidad de avance de alambre y corriente de soldadura para un alambre según la norma AWS E 70S-3 para varios diámetros del mismo. Esta gráfica es una característica muy importante de cada tipo de alambre (acero, aluminio, acero inoxidable). La gráfica también muestra que para una velocidad de alimentación del alambre, cuando el diámetro es aumentado (o disminuido) existe una corriente más alta (o baja) en correspondencia con él.

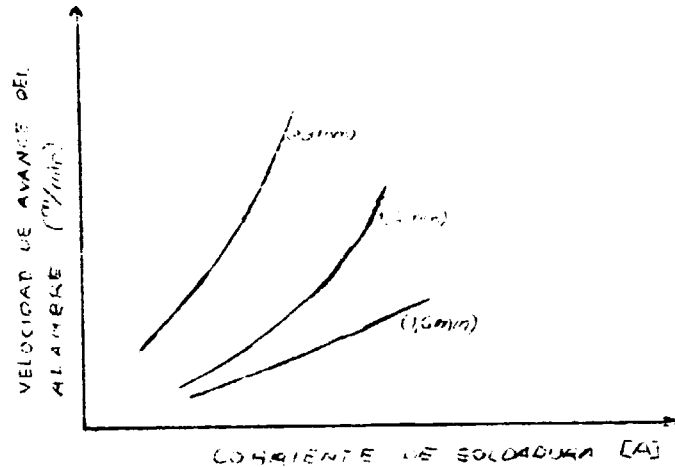


FIGURA 11

Un hecho que debe notarse es la forma de las curvas. En el rango de bajas corrientes, para cada medida de alambre, la curva podría decirse que es lineal, es decir, para cada incremento de corriente, hay un aumento proporcional (y constante) de la velocidad de fusión. Por otro lado, en la zona de altas corrientes especialmente con los alambres de pequeño diámetro, las curvas no son lineales. En estas regiones, los aumentos de corriente producen mayores aumentos de la velocidad de fusión. Este hecho se debe al calor adicional aportado por la resistencia de la longitud libre del alambre o sea por el efecto Joule.

La pérdida será igual a I^2R donde I es la intensidad de corriente y R la resistencia. Esta falta de linealidad se debe justamente a que el calor aumenta con el cuadrado de la corriente.

8.1.2.-Longitud libre del alambre

La longitud libre de alambre es la distancia entre el último punto de contacto eléctrico (generalmente en extremo de la boquilla de contacto) y la punta del alambre. En la Figura 12 se muestra esquemáticamente la longitud libre del alambre. Es aquí donde se produce el calor por resistencia.

..//

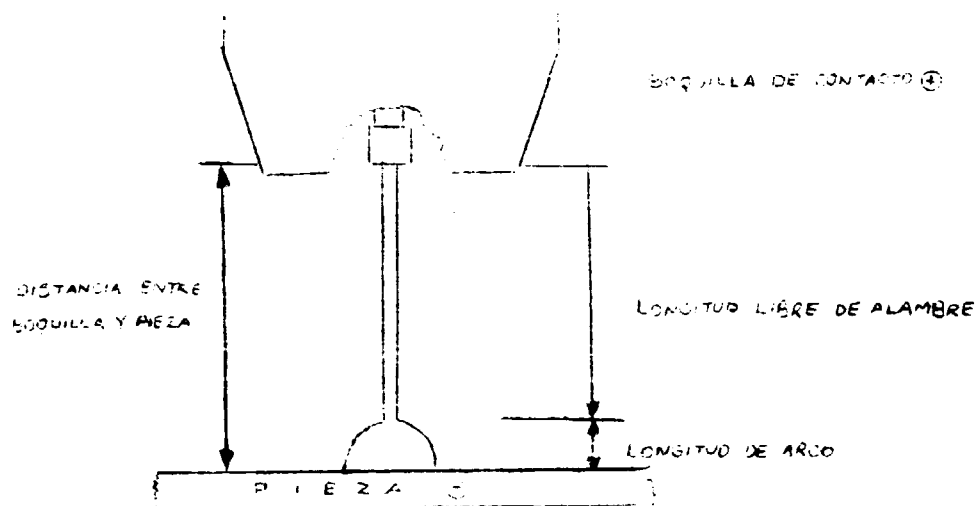


FIGURA 12

La distancia entre la boquilla de contacto y la pieza, debido al efecto que causa sobre la longitud libre de alambre, afecta a la corriente necesaria para fundir el alambre alimentado a una cierta velocidad. La Figura 13 muestra hasta qué punto la distancia entre boquilla de contacto y la pieza afecta el valor necesario de corriente de soldadura. Básicamente, si aumenta esta distancia, aumenta el calor I^2R y la corriente requerida es menor. También es válido lo contrario.

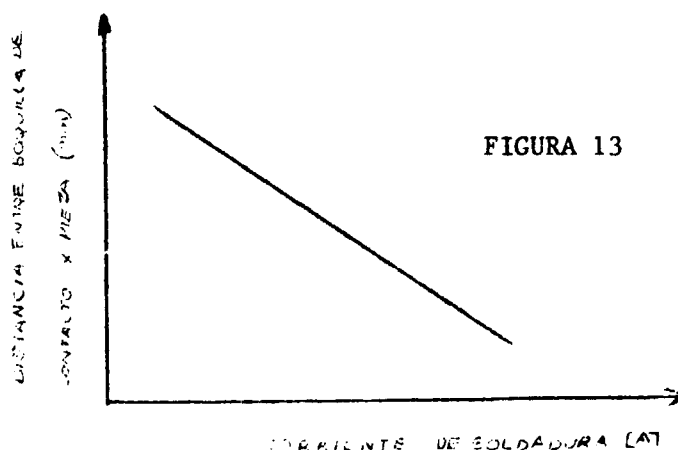


FIGURA 13

Controlar esta distancia es muy importante ya que si es muy grande, se depositará un exceso de material con poco calor suministrado por el arco. Esto causará sin dudas una mala formación del perfil del cordón y bajas penetraciones. Si se sigue aumentando la distancia de trabajo, el arco será menos estable. La distancia recomendada para la técnica por arco corto es de alrededor de 9mm. Es muy importante que durante la operación de soldeo, la distancia de

trabajo se mantenga lo más constante posible.

8.1.3.-Voltaje

Como ya se ha discutido en el punto 5.2.2., solamente recordaremos que directamente controla la longitud del arco. Además se requiere un cierto rango para mantener la estabilidad del arco a cualquier nivel de corriente de soldadura dado.

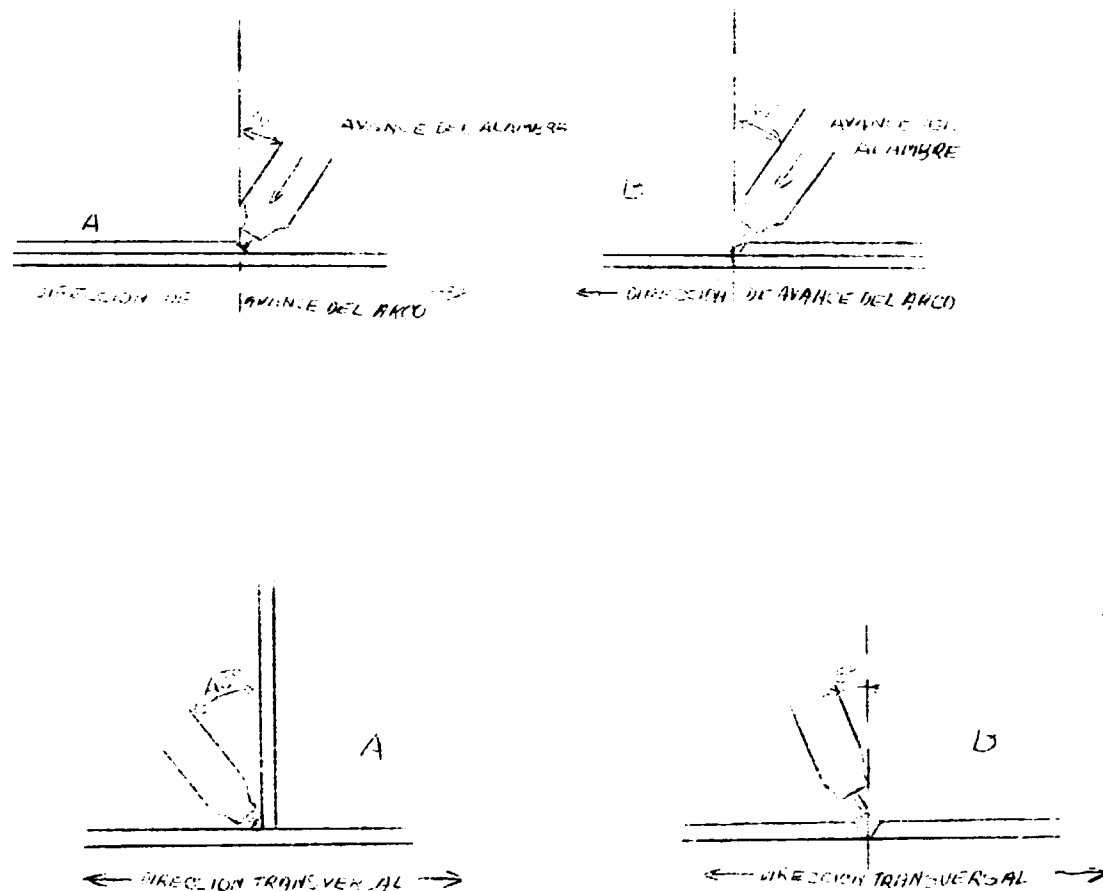
8.1.4.-Velocidad de avance del arco

La velocidad de avance del arco es la velocidad lineal con que se mueve el arco a lo largo de la pieza. Este parámetro es generalmente expresado en metros por minuto. Existen normas generales que pueden ser hechas para lograr una soldadura con buenas características.

- 1.- A medida que el espesor del material es mayor, la velocidad de avance del arco deberá ser menor.
- 2.- Para un espesor de material y tipo de junta dados, a medida que aumenta el valor de la corriente, debe aumentarse la velocidad de avance del arco.
- 3.- En el caso de la soldadura con avance opuesto al avance del arco, pueden utilizarse mayores avances de arco.

8.1.5.-Técnicas de soldadura

La primera de las técnicas de soldadura que afecta las características del cordón es la posición de la torcha, o sea la forma en que la torcha es sostenida respecto de la junta a unir. La posición es en general descripta desde dos direcciones diferentes. Una toma el ángulo en la dirección del eje de soldadura y la otra el ángulo respecto de las planchas a unir. (Figuras 14 y 15).



En la figura 14, también pueden verse las dos técnicas de avance en contra (A) y a favor (B) del avance del alambre, (también llamadas de izquierda a derecha y viceversa respectivamente), es decir, dejando libre el cordón ya ejecutado, o pasando por encima de él a medida que se va soldando.

En el primer caso, el material de aporte es depositado sobre un colchón de material previamente aportado, mientras que en el segundo caso, el material incide directamente sobre la pieza.

En general, se prefiere la soldadura hacia atrás, ya que provoca menos salpicaduras y obtiene un arco más estable que la soldadura hacia adelante.

En el caso de la soldadura en filete, la torcha estará posicionada sobre la bisectriz del ángulo formado por los elementos a unir. En la Figura 15 A, este ángulo es 45° ya que el ángulo formado entre elementos es de 90° . En la posición horizontal, la torcha deberá estar levemente inclinada hacia un lado, para permitir que el metal fundido "moje" las caras a unir.

Otra técnica general que debe considerarse es cuando los cordones deban ser ejecutados en posición vertical. Solamente existen "

dos métodos para hacerlos y son: vertical ascendente o descendente.

Hasta aquí hemos considerado los factores que influyen sobre los parámetros y técnicas. Ahora se verá de qué manera influyen.

8.2.-Características del Cordón

8.2.1.-Penetración

Penetración es la distancia hasta la cual se extiende la línea de fusión por debajo de la superficie del material que se ha soldado.

El primer parámetro que afecta la penetración es la corriente de soldadura. Un aumento o disminución de la corriente, aumenta o disminuye la penetración.

Ya se ha visto que podemos variar la corriente sin modificar la velocidad de avance del alambre. Esto se lograba variando la distancia de trabajo, es decir, la distancia entre el último punto de contacto eléctrico (generalmente la punta de la boquilla de contacto), y el punto de contacto entre el alambre y pieza.

El efecto de la distancia de trabajo sobre la penetración es inverso al que produce la intensidad de la corriente de soldadura. Es decir, que un aumento de dicha distancia, reducirá la penetración. Este hecho tiene cierta utilidad para controlar la penetración cuando se sueldan materiales con cambios de espesor, ya que evita posibles perforados

Los demás factores tienen menor influencia. Por ejemplo el voltaje influye indirectamente ya que la penetración es buena con un arco estable. Esto se logra en general trabajando alrededor de los 24 V.

La velocidad de avance del arco, influye de la misma manera que el voltaje. La penetración es máxima para un cierto valor de avance y decrece cuando varía éste. Una velocidad de avance demasiado baja permite que el material fundido se adelante al arco, produciéndose una especie de "colchón" que amortigua la entrada del material que se va a depositar impidiendo la penetración. Altas velocidades no dan tiempo a que el material de base se caliente, de manera que se verifica un enfriamiento muy rápido del material depositado, y de esta manera no penetra.

La posición de la torcha produce efectos más importantes. Por ejemplo, soldando hacia atrás con un ángulo de 25° respecto de la horizontal, se logra la mayor penetración. La técnica de soldadura hacia adelante, se utiliza para materiales de pequeño espesor, o donde no se pretende mucha penetración. Es muy útil en cordones de vista o terminación.

8.2.2.-Régimen de Deposición de Material

El régimen de deposición de material describe cuánto material ha sido depositado por hora de arco encendido. Debido a que el proceso MIG es muy eficiente, solamente una pequeña parte de este material se pierde por salpicaduras. Este régimen se puede calcular por medio de la siguiente ecuación:

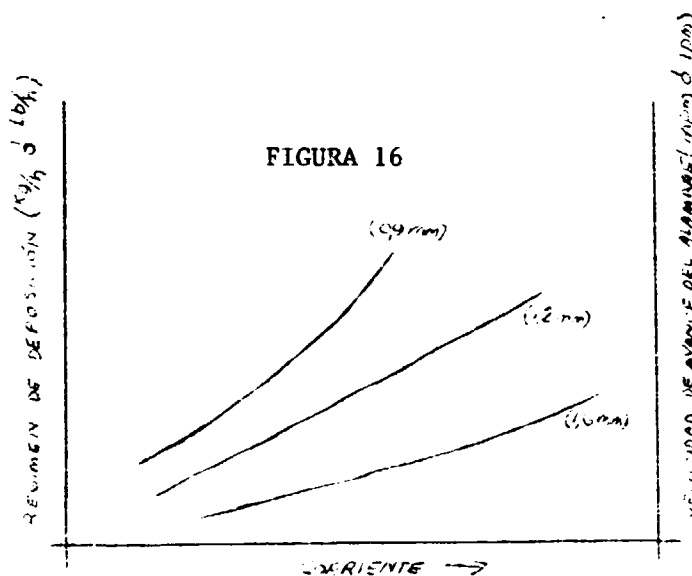
Régimen de Deposición kg/h = $\frac{\text{Velocidad de avance del alambre (m/min} \times 60 \text{ min/h)}}{\text{metros de alambre por kilogramo}}$
(lbs/h) $\frac{\text{(in/min)}}{\text{pulgadas de alambre por libra}}$

La Tabla 10 del apéndice muestra distintos valores para distintos materiales y diámetros.

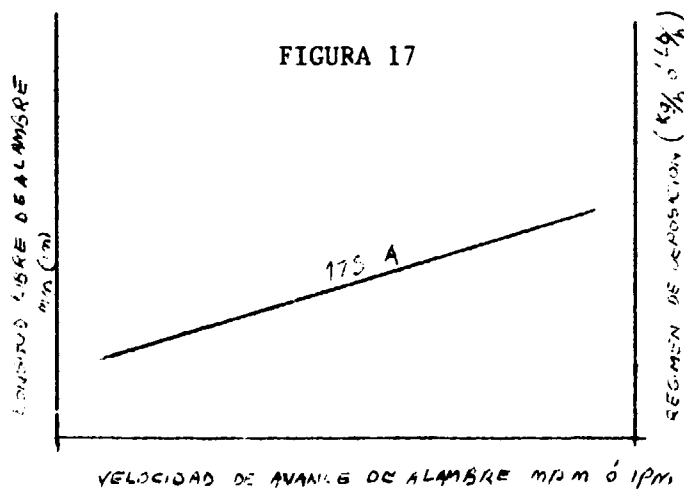
Este valor es sinónimo de la velocidad de avance del alambre.

La Figura 16 muestra un gráfico en donde se relaciona el régimen de deposición con la velocidad de avance del alambre.

La corriente necesaria para lograr un determinado régimen de deposición puede alcanzarse variando la longitud libre del alambre.



La velocidad de avance del alambre, como se muestra en la Figura 17, puede aumentarse también aumentando la longitud libre de alambre para mantener una intensidad de corriente constante. De esta manera, se obtiene un régimen de deposición mayor al que comúnmente iría asociado a la corriente con que se está soldando. (Figura 17).



Grandes longitudes libres de alambre y altas velocidades de avance del mismo, son usadas para soldar materiales finos a alta velocidad ya que la intensidad de corriente de soldadura, puede mantenerse en niveles bajos.

8.2.3.-Aspecto del Cordón

El aspecto del cordón puede definirse por el ancho y la altura del mismo tal cual se muestra en la Figura 18. Estas características son muy importantes ya que permiten asegurar el correcto y completo llenado de la junta, con un mínimo de defectos, particularmente en las soldaduras multipasadas. En estas últimas, si la altura es muy grande, se hace muy difícil ejecutar las subsecuentes pasadas que deben tener buena fusión. Cuanto más alto y angosto es el cordón, existen más posibilidades de obtener mala interfusión. Las características del cordón pueden cambiarse alterando su tamaño y su forma.

Para poder cambiar el tamaño del cordón, deben cambiarse la cantidad en Kg. de metal depositado por metro lineal del cordón. La corriente y la velocidad de avance del arco son los parámetros que inicialmente se utilizan para controlar la medida de cordón. Cuando se disminuye la corriente, el cordón que se obtiene es más chico.

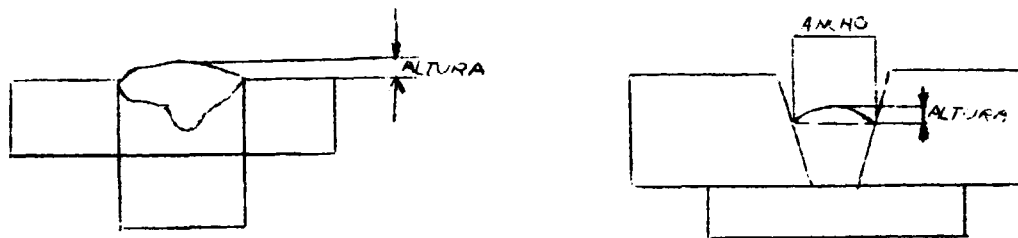


FIGURA 18

La relación que existe entre tamaño del cordón y velocidad de avance del arco es inversa. Una disminución en la velocidad de soldadura, producirá un aumento del ancho y alto del cordón. Nuevamente, los Kg de metal de aporte depositado por metro lineal de soldadura, aumentarán.

La corriente y la velocidad de soldadura producen una pequeña variación sobre el tamaño del cordón. El ancho y la altura crecen o decrecen conjuntamente.

El voltaje de arco se utiliza para controlar la forma del cordón. A medida que aumenta el voltaje de arco (longitud de arco), la altura del cordón disminuye mientras que el ancho aumenta. Variando el voltaje, el tamaño del cordón no sufre variaciones, es decir que los Kg. de metal de aporte depositado por metro lineal de cordón es constante. Solamente varía la forma o contorno del cordón. Aumentando el ancho del cordón, la altura del mismo disminuye y de esta manera se dice que el metal de aporte moja más eficientemente al material de base logrando mejor interfusión.

La longitud libre del alambre y la técnica de soldadura empleada, sólo afectan estas características hasta cierto punto. Cuando se utilizan longitudes libres del alambre grandes, para aumentar el régimen de deposición de material, la altura del cordón aumentará mucho más que el ancho del mismo. De esta manera el cordón mostrará

un apilamiento de material. Cuando se utiliza la técnica de soldar de izquierda a derecha, se obtendrá un cordón alto y angosto. Disminuyendo el ángulo de la torcha, la altura del cordón disminuirá y aumentará su ancho. Utilizando la técnica de soldar de derecha a izquierda, se logran los cordones más chatos y anchos.

En la Tabla 11 del apéndice, se resumen todos estos conceptos.

8.2.4.-Manipuleo de la torcha

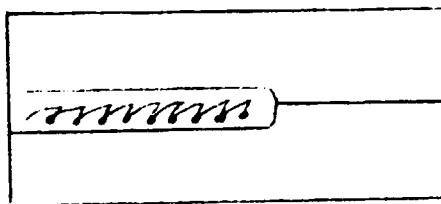
No puede considerarse completo el tema de las técnicas de soldadura sin tratar los métodos de manipuleo de torcha. Las recomendaciones que siguen sólo sirven de referencia para ser utilizadas en los entrenamientos de soldadores ya que a medida que se adquiere experiencia, estas recomendaciones sufren cambios.

8.2.4.1.-Soldadura plana bajo mano

En la Figura 19 se esquematizan las posiciones y tipo de movimientos de la torcha para los distintos cordones. Para juntas a tope con una pasada es conveniente un cordón escalonado con retroceso y detención para el perfecto llenado (Figura 19 A). Para juntas a tope chaflanadas, multipasadas en el cordón de raíz, se utiliza un movimiento de avance y retroceso y para los cordones siguientes un vaivén lateral. El último cordón definirá el ancho de la soldadura. En este caso es muy importante una detención para el perfecto llenado (Figura 19 B).

PLANA BAJO MANO

- A- Una pasada - Junta a tope
- Angulo longitudinal de la torcha: 5°- 10°
- Angulo transversal de la torcha: 90°



→ SENTIDO DE AVANCE

- B- Multipasada a Tope (con chaflán)
- Angulo longitudinal de la torcha 5°- 10°
- Angulo transversal de la torcha: (Ver abajo para el vaiven)

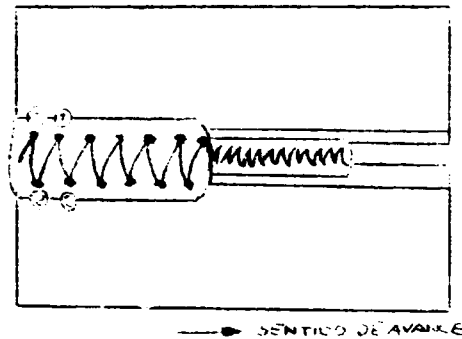


FIGURA 19



UBICACION DE LOS
CORDONES PARA MULTIPASADA

• PAUSA 6 DETENCION

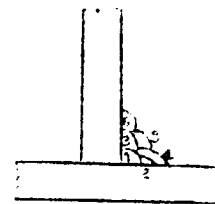
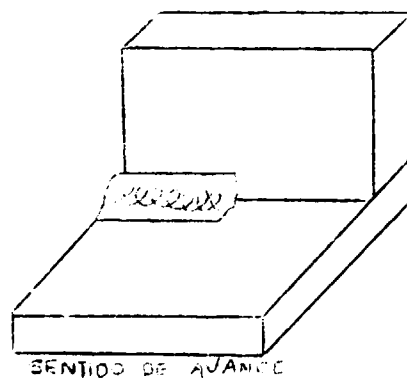
8.2.4.2.-Horizontal

En la Figura 20 se esquematizan las posiciones y movimientos de la torcha. Para soldaduras en filete se utiliza un movimiento circular. Para las pasadas de raíz en juntas a tope y de llenado se utiliza un movimiento vaivén lateral con detenciones para el llenado.

HORIZONTAL

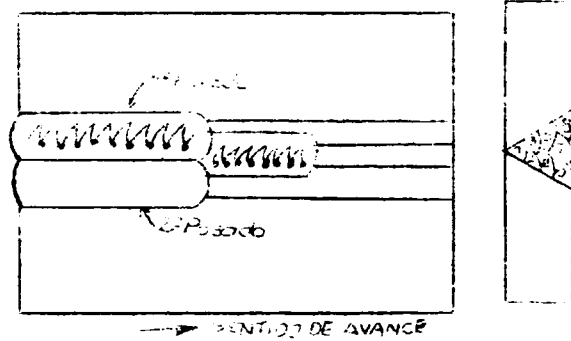
A- En Filete

- Angulo longitudinal de la torcha: 5° - 10°
- Angulo transversal de la torcha: 45°



B- A tope ← →

- Angulo longitudinal de la torcha: 5° - 10°
- Angulo transversal de la torcha: 90° (Recordar los ángulos de vaiven)
- Para una pasada, usar el mismo movimiento que en la primera.



• PAUSA O DETENCION

FIGURA 20

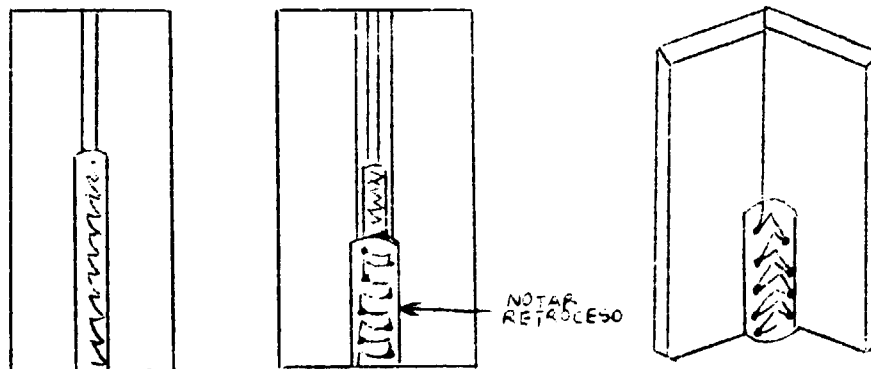
8.2.4.3.-Vertical

En la Figura 21 se muestran las posiciones y movimientos de la torcha para soldaduras vertical ascendente y descendente.

VERTICAL

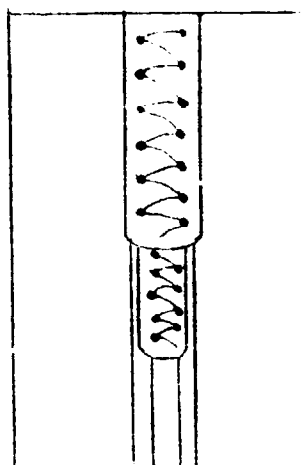
A- Vertical ascendente

- Angulo longitudinal de la torcha: 10° - 15°
- Angulo transversal de la torcha: 90°



B- Vertical descendente

- Angulo longitudinal de la torcha: 5° - 10°
- Angulo transversal de la torcha: 90°
- Para soldaduras en filete utilizar el mismo vaiven
- Para una pasada, hacerlo como la de raíz



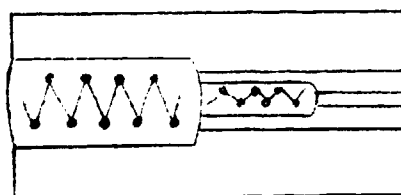
• PAUSA ó DETENCIÓN

8.4.2.4.-Sobre Cabeza

En la Figura 22 se esquematizan la posición y movimientos de la torcha. Nuevamente se utiliza un vayven lateral con detenciones para el perfecto llenado del cordón. Esto se aplica a cordones de raíz, llenado y terminación.

SOBRE CABEZA

- Angulo longitudinal de la torcha: 5° - 10°
- Angulo transversal de la torcha: 90°



• PAUSA ó DETENCIÓN

- Para las soldaduras en filete usar la misma técnica
- Para una sola pasada usar el mismo tipo que la de raíz

FIGURA 22

9.- Defectos - Causas y Soluciones

9.1.-Generalidades

El proceso MIG, efectuado en condiciones de soldadura óptimas, técnicas adecuadas y calidades de metales standards, produce un depósito de metal de alta calidad. Sin embargo, como en cualquier proceso, se pueden presentar defectos, debido a la mala ejecución del mismo, que pueden ser fácilmente corregidos por el operario si conoce sus causas.

Los defectos más comunes en este proceso son: falta de penetración, falta de fusión, porosidad, metal carcomido y agrietamiento longitudinal. Se tratará cada uno de éstos aparte.

9.2.-Falta de penetración

Este defecto se presenta bajo tres formas:

- a) Cuando el cordón no está penetrado en todo el espesor del metal
- b) Cuando dos cordones opuestos no son interpenetrados
- c) Cuando un cordón en la esquina no cubre todo el área, formando únicamente un puente entre las dos piezas.

La magnitud de la intensidad de corriente es la que más influye en la penetración, así la falta de penetración se debe generalmente a una intensidad demasiado baja, y se puede corregir aumentando su valor.

Otras causas que influyen en la penetración son las siguientes:

- Falta o exceso de la velocidad de avance del arco
- Inadecuado ángulo de la torcha
- Bordes de las piezas a unir muy juntos y en caso de estar biselados, el ángulo del chaflán muy cerrado.
- Avance irregular del alambre
- Movimiento lateral de la torcha excesivo

Debe destacarse, en lo referente a la velocidad de avance del arco, que dicha velocidad, para una tensión e intensidad dadas, es prácticamente única ya que de ser muy lenta, el metal fundido se adelantará al arco y formará un "colchón" de metal entre el arco y el metal base impidiendo la penetración, y en caso de ser excesiva, el arco no tendrá tiempo de calentar el metal base, y el metal de aporte no podrá penetrar debido a que se enfriará con demasiada velocidad.

9.3.-Falta de fusión

Este defecto aparece cuando no hay interfusión completa entre el metal de aporte y el metal de base, o sea cuando el metal de aporte no está íntimamente adherido al metal de base.

La causa más común de este defecto es una mala técnica de soldadura, que consiste en soldar un cordón demasiado ancho, que hace que el metal fundido se adelante al arco, dejando gotas de metal en el camino del área. Estas gotas se enfrían y se oxidan, y después cuando pasa el arco no se vuelven a fundir y además, como el óxido es insoluble en el hierro, las gotas quedan incluidas en el cordón, sin ser fundidas.

Otras causas que provocan este defecto son un voltaje de trabajo demasiado bajo, óxido y suciedad del metal de base, y excesiva separación entre las piezas a unir.

9.4.-Metal carcomido

Metal carcomido es el defecto que aparece como una ranura a los lados del cordón.

La causa más común de este defecto son parámetros inadecuados de soldadura, en especial el avance de la soldadura y el voltaje del arco.

Si se suelda con un avance demasiado rápido, el cordón se va a solidificar demasiado rápido y la tensión superficial de metal líquido va a apilar el metal en el centro, dejando un surco en la unión del cordón y el metal de base.

Si el carcomido se presenta alternativamente, parte si, parte no, se debe a un bajo voltaje de arco y/o a un ángulo de boquilla defectuoso.

La corrección de estos factores atenuarán o eliminarán el problema obteniéndose cordones más planos.

Sin embargo, un excesivo voltaje puede hacer reaparecer el defecto de metal carcomido especialmente utilizando la técnica de "spray arc".

Además, debe mantenerse el arco lo más corto posible de manera de evitar el metal carcomido. Esto ayudará a obtener buena penetración y soldaduras sanas.

Otra causa que puede causar mordeduras en el metal es una intensidad de corriente excesiva, por lo tanto es siempre conveniente mantenerse dentro de los rangos de corriente especificados por el alambre en uso.

También un movimiento lateral de la torcha hecho demasiado rápido causará este defecto, ya que el material fundido no tendrá tiempo de depositarse.

9.5.-Porosidad

Los poros aparecen como inclusiones de gas en el metal fundido del cordón. Pueden ser superficiales o en cualquier parte de cordón.

Las causas más comunes de porosidad son: contaminación atmosférica, metal de base oxidado, electrodo oxidado.

La contaminación atmosférica puede ser producida por:

- 1) Flujo de gas inadecuado
- 2) Exceso de gas que provoca aspiración de aire y se mezcla con el gas
- 3) Daños en el sistema de gas o en la boquilla
- 4) Viento excesivo.

Además en zonas de climas húmedos el exceso de humedad puede causar porosidad. También la condensación en las boquillas refrigeradas por agua.

Si existe demasiada turbulencia en el metal fundido, por voltaje inadecuado y fluctuaciones en el avance del alambre, esto puede ser causa de porosidad.

Otras causas pueden ser: un alto contenido de azufre en el metal de base y una excesiva longitud de alambre fuera de la boquilla de la torcha.

Se vuelve a insistir en el hecho de que las piezas a unir deben estar libres de pinturas, óxidos, aceites y suciedad en general.

9.6.-Agrietamiento Longitudinal

De este defecto existen dos tipos;

Agrietamiento en caliente
Agrietamiento en frío

El agrietamiento en caliente ocurre siempre por el uso de metal de aporte no adecuado, sobre todo cuando se suelda aceros aleados, inoxidables y aleaciones de aluminio.

Además técnicas de soldaduras, que producen un cordón excesivamente cóncavo producen este defecto.

El agrietamiento en frío ocurre cuando se termina mal el cordón formando un cráter en su final.

A pesar de que estas grietas son muy chicas o prácticamente invisibles, existe el peligro de propagación de las mismas durante el servicio de la pieza y dicha propagación puede llevarla a la rotura. Esto se evita con un buen cierre del cordón invirtiendo el sentido de avance del arco antes de cortarlo.

En la Tabla 12 del apéndice se encuentra un listado de las causas y/o correcciones.

TABLA N°1

Corrientes de Corto Circuito Típicas, Requeridas para la Transferencia del Metal.

TIPO DE ALAMBRE ELECTRODO	DIAMETRO DEL ALAMBRE ELECTRODO mm.	CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO (Amperes)
Acero Dulce	0,76	300
Acero Dulce	0,89	320
Acero Dulce	1,1	370
Acero Dulce	1,6	430
Aluminio	0,76	175
Aluminio	0,89	195
Aluminio	1,1	225
Aluminio	1,6	290

TABLA Nº2

Tabla de Selección de Gases Protectores para la Soldadura MIG por la Técnica de Arco Corto

METAL	ARGON	HELIO	MEZCLA ARGON Y HELIO	MEZCLA ARGON-Y CO ₂	MEZCLA ARGON-HELIO Y CO ₂	CO ₂
Aluminio	•	•	• (HE-75)			
Acero al Carbono				• (C-25) OR (C-50)		• Alambre requerido según designación para CO ₂
Acero de Alta Resistencia					• (A-415)	
Cobre			• (HE-75)			
Aceros Inoxidables				• (C-25)	• (A-1025)	
Aleación de Niquel	•		• (90% He- 10% Ar) or (He 75)		• (A-1025)	
Metales Reactivos	•	•	• (He 75)			

TABLA N°3

Tabla de Selección de gases Protectores para Soldadura MIG por la Técnica de Arco Roció

METAL	ARGON	HELIO	ARGON- OXIGENO	(1) AR-CO ₂	MEZCLA ARGON Y HELIO	AR-O ₂ -CO ₂	(2) CO ₂
Aluminio	•	•	• (O ₂ -1)		• (90% He- 10% Ar) or (He-75)		
Aceros al Carbono			• (O ₂ -5)	• (C-25)		• (6% CO ₂) (5% O ₂)	•
Acero de Bajo Aleación			• (O ₂ -2)				
Cobre	•	•	• (O ₂ -1)		• (90% He- 10% Ar) or (He-75)		
Aceros Inoxidables			• (O ₂ -1) • (O ₂ -2)				
Aleaciones de Niquel	•	•			• (He-75)		
Metales Reactivos	•	•					

1) Para operación con altas corrientes (300 Amp - Arco Roció)

2) Para alambre tubular y altas velocidades de Soldadura con alambre macizo.

TABLA N° 4

COMPOSICION QUIMICA REQUERIDA PARA LOS ALAMBRES DE ACEROS DULCES Y DE BAJA ALEACION
(PORCENTAJE - BALANCE CON HIERRO.)

CLASIFICACION AWS	CARBONO	MANGANESO	SILICIO	AZUFRE	FOSFORO	MOLIBDENO	OTROS
E70S-1	0,07 - 0,19	0,90 - 1,40	0,30 - 0,50	0,035	0,025	—	—
E70S-2	0,06	0,90 - 1,40	0,40 - 0,70	0,035	0,025	—	0,05-0,15 Titanio 0,02-0,12 Zirconio 0,03-0,15 Aluminio
E70S-3	0,06 - 0,15	0,90 - 1,40	0,45 - 0,70	0,035	0,025	—	—
E70S-4	0,07 - 0,15	0,90 - 1,40	0,65 - 0,85	0,035	0,025	—	—
E70S-5	0,07 - 0,19	0,20 - 1,40	0,30 - 0,60	0,035	0,025	—	0,50-0,90 Aluminio
E70S-6	0,07 - 0,15	1,40 - 1,85	0,80 - 1,15	0,035	0,025	—	—
E70S-1B	0,07 - 0,12	1,60 - 2,10	0,50 - 0,80	0,035	0,025	0,40 - 0,60	—
E70S-6	N O E S P E C I F I C A D O S						

TABLA N°5

Propiedades mecánicas requeridas para los alambres de aceros dulces y de baja aleación.*

CLASIFICACION AWS	GAS PROTECTOR	CORRIENTE Y POLARIDAD	RESISTENCIA A LA TRACCION (Kg/mm ²)	RESISTENCIA A LA FLUENCIA 0,2% (Kg/mm ²)	ALARGAMIENTO EN 50,8 mm %	RESISTENCIA AL IMPACTO SEGUN PROBETA CON ENTALLA EN "V"
E70S-1	Ar 1-5% O ₂ ¹	CORRIENTE CONTINUA POLARIDAD INVERSA	50,6	42,2	22	NO ESPECIFICADA
E70S-2	Ar 1-5% O ₂ ¹ CO ₂	CORRIENTE CONTINUA POLARIDAD INVERSA	50,6	42,2	22	(2,8 Kg·m) (-28,9°C)
E70S-3	Ar 1-5% O ₂ ¹ CO ₂	CORRIENTE CONTINUA POLARIDAD INVERSA	50,6	42,2	22	(2,8 Kg·m) (-17,8°C)
E70S-4	CO ₂ ¹	CORRIENTE CONTINUA POLARIDAD INVERSA	50,6	42,2	22	NO ESPECIFICADA
E70S-5	CO ₂ ¹	CORRIENTE CONTINUA POLARIDAD INVERSA	50,6	42,2	22	NO ESPECIFICADA
E70S-6	CO ₂ ¹	CORRIENTE CONTINUA POLARIDAD INVERSA	50,6	42,2	22	(2,8 Kg·m) (-28,9°C)
E70S-1B	CO ₂ ¹	CORRIENTE CONTINUA POLARIDAD INVERSA	50,6	42,2	17	(2,8 Kg·m) (-28,9°C)
E70S-6	NO ESPECIFICADA	NO ESPECIFICADA	50,6	42,2	22	NO ESPECIFICADA

¹ Ar-CO₂ Puede ser utilizado para todos los alambres.

* AWS A5. 18-69

TABLA N°6

COMPOSICION QUIMICA REQUERIDA PARA LOS ALAMBRES DE ACERO INOXIDABLE*

CLASIFICACION AWS	CARBONO	CROMO	NIQUEL	MOLIBDENO	COLUMBIO + TANTALIO	MANGANESO	SILICIO	FOSFORO	AZUFRE	TUNGSTENO
ER 308	0,08	19,5-22,0	9,0-11,0	—	—	1,0-2,5	0,25-0,60	0,03	0,03	—
ER 308L	0,03	19,5-22,0	9,0-11,0	—	—	1,0-2,5	0,25-0,60	0,03	0,03	—
ER 309	0,12	23,0-25,0	12,0-14,0	—	—	1,0-2,5	0,25-0,80	0,03	0,03	—
ER 310	0,08-0,15	25,0-28,0	20,0-22,5	—	—	1,0-2,5	0,25-0,60	0,03	0,03	—
ER 312	0,15	28,0-32,0	8,0-10,5	—	—	1,0-2,5	0,25-0,60	0,03	0,03	—
ER 316	0,08	18,0-20,0	11,0-14,0	2,0-3,0	—	1,0-2,5	0,25-0,60	0,03	0,03	—
ER 316L	0,03	18,0-20,0	11,0-14,0	2,0-3,0	—	1,0-2,5	0,25-0,60	0,03	0,03	—
ER 317	0,08	18,5-20,5	13,0-15,0	2,0-4,0	—	1,0-2,5	0,25-0,60	0,03	0,03	—
ER 318	0,08	18,0-20,0	11,0-14,0	2,0-3,0	8xC-1,0	1,0-2,5	0,25-0,60	0,03	0,03	—
ER 320	0,07	19,0-21,0	32,0-36,0	2,0-3,0	8xC-1,0	2,5	0,60	0,04	0,03	—
ER 321	0,08	18,5-20,5	9,0-10,5	0,5 MAX	—	1,0-2,5	0,25-0,60	0,03	0,03	—
ER 347	0,08	19,0-21,5	9,0-11,0	—	10xC-1,0	1,0-2,5	0,25-0,60	0,03	0,03	—
E 348	0,08	19,0-21,5	9,0-11,0	—	10xC-1,0	1,0-2,5	0,25-0,60	0,03	0,03	—
ER 349	0,07-0,13	11,5-13,5	8,0-9,5	0,35-0,65	1,0-1,4	1,0-2,5	0,25-0,60	0,03	0,03	1,25-1,75
ER 410	0,12	11,5-13,5	0,6	0,6	—	0,6	0,50	0,03	0,03	—
ER 420	0,25-0,40	12,0-14,0	0,6	—	—	0,6	0,50	0,03	0,03	—
ER 430	0,10	15,5-17,0	0,6	—	—	0,6	0,50	0,03	0,03	—
ER 502	0,10	4,5-6,0	0,6	0,45-0,65	—	0,6	0,25-0,60	0,03	0,03	—

* AWS A5.9-69

TABLA N° 7

COMPOSICION QUIMICA REQUERIDA PARA LOS ALAMBRES DE ALUMINIO*

CLASIFICACION AWS	MAGNESIO	HIERRO Y SILICIO	HIERRO	SILICIO	COBRE	MANGANESO	CROMO	ZINC	NIQUEL	TITANIO
ER 1100	—	1,0	—	—	0,05 - 0,20	0,05	—	0,10	—	—
ER 1260	—	0,40	—	—	0,04	0,01	—	0	—	—
ER 2319	0,02	—	0,30	0,20	5,8 - 6,8	0,20 - 0,40	—	0,10	—	0,10 - 0,20
ER 4145	0,15	—	0,80	9,3 - 10,7	3,3 - 4,7	0,15	0,15	0,20	—	—
ER 4043	0,05	—	0,80	4,5 - 6,0	0,30	0,05	—	0,10	—	0,20
ER 4047	0,10	—	0,80	11,0 - 13,0	0,30	0,15	—	0,20	—	—
ER 5039	3,3 - 4,3	—	0,40	0,10	0,03	0,30 - 0,50	0,10 - 0,20	2,4 - 3,2	—	0,10
ER 5554	2,4 - 3,0	0,40	—	—	0,10	0,50 - 1,0	0,05 - 0,20	0,25	—	0,05 - 0,20
ER 5654	3,1 - 3,9	0,45	—	—	0,05	0,01	0,15 - 0,35	0,20	—	0,05 - 0,15
ER 5356	4,5 - 5,5	0,50	—	—	0,10	0,05 - 0,20	0,05 - 0,20	0,10	—	0,05 - 0,20
ER 5556	4,7 - 5,5	0,40	—	—	0,10	0,50 - 1,0	0,05 - 0,20	0,25	—	0,05 - 0,20
ER 5183	4,3 - 5,2	—	0,40	0,40	0,10	0,50 - 1,0	0,05 - 0,25	0,25	—	0,15
R-CN4A	0,03	—	1,0	1,5	4,0 - 5,0	0,35	—	0,35	—	0,25
R-CN42A	1,2 - 1,8	—	1,0	0,70	3,5 - 4,5	0,35	0,25	0,35	1,7 - 2,3	0,25
R-SC51A	0,40 - 0,60	—	0,80	4,5 - 5,5	1,0 - 1,5	0,50	0,25	0,35	—	0,25
R-SG70A	0,20 - 0,40	—	0,60	6,5 - 7,5	0,25	0,35	—	0,35	—	0,25

* AWS 19 10-89

TABLA N° 8

COMPOSICION QUIMICA REQUERIDA PARA LOS ALAMBRES DE COBRE *

CLASIFICACION AWS	NOMBRE COMUN	ZINC	ESTAÑO	MANGA NEBO	HIERRO	SILICIO	FOSFORO	ALUMINIO	PLOMO	TITA- NIO		TOTAL OTROS ELEMENTOS
ECU	COBRE	—	1,0	0,5	—	0,50	0,15	0,01	0,02	—	—	0,50
ECUSi	COBRE-SILICIO <i>Bronce al Silicio</i>	—	1,5	1,5	0,5	2,8-4,0	—	0,01	0,02	—	—	0,50
ECUSN-A	COBRE-ESTAÑO	—	4,0-6,0	—	—	—	0,10-0,35	0,01	0,02	—	—	0,50
ECUSN-C	(Bronce Fosforoso)	—	7,0-9,0	—	—	—	0,05-0,35	0,01	0,02	—	—	0,50
ECUNi	COBRE-NIQUEL	—	—	1,0	0,40-0,75	0,50	—	—	0,02	0,15-1,00	29,0 MIN.	0,50
ECUAL-A1	COBRE-ALUMINIO <i>(Bronce al Aluminio)</i>	0,20	—	—	—	0,10	—	6,0-9,0	0,02	—	—	0,50
ECUAL-A2		0,02	—	—	—	0,10	—	9,0-11,0	0,02	—	—	0,50
ECUAL-B		0,20	—	—	—	0,10	—	11,0-12,0	0,02	—	—	0,50

* AWS A5 6-69

TABLA N° 9

RESISTENCIA A LA TRACCION DE ALAMBRES DE COBRE Y SUS ALEACIONES*

CLASIFICACION AWS	Kg/mm ²
ECU	17,6
ECUSi	35,2
ECUSN-A	24,6
ECUSN-C	28,1
ECUNi	35,2
ECUAL-A1	38,7
ECUAL-A2	42,4
ECUAL-B	45,7

* AWS A5-6-60

TABLA N° 10

LONGITUD (EN METROS) APROXIMADA POR KILO DE ALAMBRE

DIAMETRO ALAMBRE MATERIAL	0,76 mm	0,89 mm	1,14 mm	1,18 mm	1,58 mm	2,38 mm
Acero Dulce	276,9	203,9	122,7	—	64,4	28,8
Acero Inoxidable (Serie 3XX)	272,2	200,5	120,7	—	63,7	28,2
Aluminio	805,3	592,1	—	350,1	188,4	83,8
Cobre	243,4	178,4	108,0	—	57,0	24,1
Bronce al Silicio	256,8	188,4	114,0	—	59,7	26,8

TABLA N° 11

AJUSTES EN PARAMETROS Y TECNICAS DE SOLDADURA

PARAMETROS DE SOLDADURA A CAMBIAR	CAMBIOS DESEADOS							
	PENETRACION		REG. DE DEPOSICION		ALTURA CORDON		ANCHO CORDON	
	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓
CORRIENTE Y VELOCIDAD DE AVANCE DE ALAMBRE	↑	↓	↑	↓	↑	↓	*	*
VOLTAJE	+	+	*	*	*	*	↓	↑
VELOCIDAD DE AVANCE DEL ARCO	+	+	*	*	↓	↑	↑	↓
LONGITUD LIBRE DE ALAMBRE	↓	↑	↑	↓	↑	↓	↑	↓
DIAMETRO ALAMBRE	↓	↑		↑	*	*	*	*
GAS PROTECTOR % CO ₂	↑	↓	*	*	*	+	↑	↓
ANGULO DE LA TORCHA	IZQUIERDA A DERECHA A 25°	DERECHA A IZQUIERDA	*	*	*	*	IZQUIERDA A DERECHA	DERECHA A IZQUIERDA

* SIN EFECTO

↑ AUMENTO

↓ DISMINUCION

+ PEQUEÑO EFECTO

T A B L A N° 1 2

Tabla comparativa de fallas y defectos y sus causas

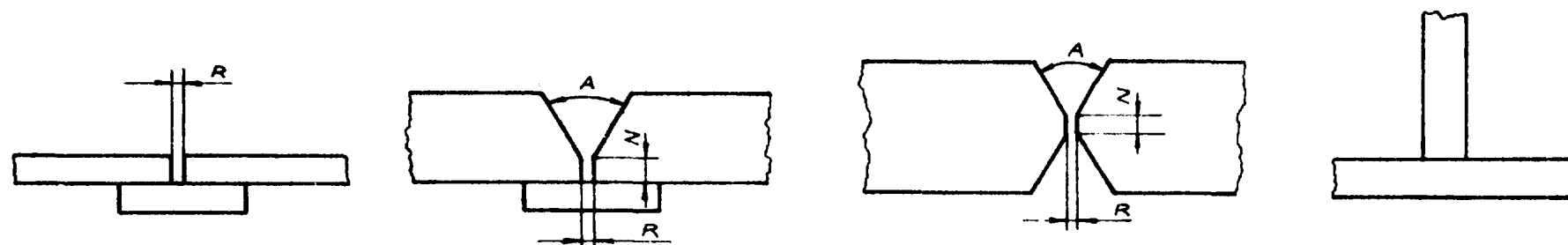
DEFECTO O FALLA	CAUSA Y/O CORRECCION
POROSIDAD	<ul style="list-style-type: none"> a) Aceite, óxido, suciedad, etc. sobre el ma<u>terial</u> de base. b) Alambre inadecuado. Puede ser necesario un contenido de Si y Mn más elevado. c) Problemas de gas: Viento, boquilla demasia<u>do</u> pequeña o tapada, exceso de gas, etc. d) Falta de limpieza del cordón anterior.
FALTA DE PENETRACION	<ul style="list-style-type: none"> a) Piezas demasiado juntas. b) Intensidad de corriente baja. c) Arco demasiado largo. d) Metal fundido adelantado al arco.
FALTA DE FUSION	<ul style="list-style-type: none"> a) Intensidad de corriente y/o voltaje demasia<u>do</u> bajcs. b) Polaridad invertida (positivo a la torcha) c) Baja velocidad de avance de soldadura. d) Cordón demasiado convexo. e) Exceso de óxido en el metal base. f) Oscilación lateral de la torcha excesiva o insuficiente.
METAL CARCOMIDO	<ul style="list-style-type: none"> a) Alta velocidad de avance de la soldadura. b) Altos voltajes de arco e intensidad de co<u>rriente</u>.
AGRIETAMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> a) Metal de aporte inadecuado. b) Cordón angosto. c) Mala calidad del metal de base.
ARCO INESTABLE	<ul style="list-style-type: none"> a) Controlar sistema de gas. b) Controlar sistema de alimentación de metal de aporte.
DIFICULTAD DE INICIACION DEL ARCO	<ul style="list-style-type: none"> a) Voltaje demasiado bajo. b) Boquilla muy retirada. c) Existencia de óxido o suciedad en el metal base. d) Inductancia y pendiente muy altas.

Continuación T A B L A N° 1 2

EXCESO DE SALPICADURAS	a) Cambiar el CO ₂ por una mezcla de Argón-CO ₂ o Argón-O ₂ b) Aumentar el voltaje de arco. c) Aumentar la inductancia y/o pendiente.
PERFORACIONES	a) Excesiva corriente. b) Velocidad de avance de arco insuficiente. c) Disminuir la abertura de raíz. d) Usar Ar-CO ₂ o Ar-O ₂ en vez de CO ₂
CORDON CONVEXO	a) Voltaje y/o corriente muy bajas. b) Excesiva separación de la boquilla. c) Aumentar inductancia. d) Polaridad invertida. Debe ser positivo(+) a la torcha. e) Junta muy angosta.

TABLA N° 13

CONDICIONES DE SOLDADURA PARA ACEROS DULCES POR ARCO CORTO Y ALAMBRE AW5E705-3.



ESPESOR mm.	POSICION DE SOLDADURA	DISEÑO DE JUNTA	ABERTURA DE RAIZ mm.	ESPESOR DE NARIZ mm.	DIAMETRO ALAMBRE mm.	VELOCIDAD DE AVANCE DEL ALAMBRE cm/min	VOLTAJE	AMPERAJE	VELOCIDAD DE AVANCE cm/min.	NUMERO DE PASADAS	
0,64	PBM,HPV,V ³ ,SC	1 y 4	0		0,76	279,4 - 304,8	13-14	45-50	50,8-63,5	1	
0,94	PBM,HPV,V ³ ,SC	1 y 4	0		0,76	317,5 - 342,9	13-14	55-60	50,8-63,5	1	
	PBM,HPV,V ³ ,SC	1 y 4	0		0,89	279,4 - 304,8	15-16	70-75	76,2-88,9	1	
1,6	PBM	1	0,79		0,89	457,2 - 482,6	16-17	110-115	63,5 - 76,2	1	
	HPV	1	0,79		0,89	431,8 - 457,2	16-17	105-110	63,5 - 76,2	1	
		4			0,89	457,2 - 482,6	16-17	110-115	58,4 - 71,1	1	
	V ³ ,SC	1	0,79		0,89	355,6 - 381,0	15-16	85-90	33,0 - 45,7	1	
		4			0,89	368,3 - 393,7	15-16	90-95	58,4 - 71,1	1	
	3,2	P.BM	1	0,79		0,89	673,1 - 698,5	18-20	150-155	35,6 - 48,3	1
1			0,79		1,1	381,4 - 406,4	18-19	160-165	38,1 - 50,8	1	
HPV		1	0,79		0,89	558,8 - 584,2	17-18	130-135	33,0 - 45,7	1	
		4			0,89	685,8 - 711,2	18-20	155-160	58,4 - 71,1	1	
V ³ ,SC		4			1,1	445,5 - 469,9	18-20	175-185	63,5 - 76,2	1	
		1	0,79		0,89	558,8 - 584,2	17-18	130-135	33,0 - 45,7	1	
4,8		PBM	4			0,89	558,8 - 584,2	17-19	130-135	45,7 - 58,4	1
			1	4,8		1,1	558,8 - 584,2	19-20	210-215	38,1 - 50,8	1
	2	2,4	1,6	1,1	558,8 - 584,2	19-20	210-215	33,0 - 45,7	1		
	HPV	4			1,1	533,4 - 571,5	19-21	210-215	38,1 - 50,8	1	
		1	4,8		1,1	457,5 - 482,6	18-20	175-185	30,5 - 58,9	2	
	V ³ ,SC	2	2,4	1,6	1,1	457,6 - 482,6	18-20	175-185	38,1 - 50,8	1	
		2	2,4	1,6	0,89	508,0 - 533,4	17-18	120-125	25,4 - 38,1	2	
		4			0,89	609,6 - 635,0	17-19	140-145	33,0 - 45,7	1	

PBM. PLANA BAJO MANO

HPV. HORIZONTAL EN PLANO VERTICAL

V = VERTICAL

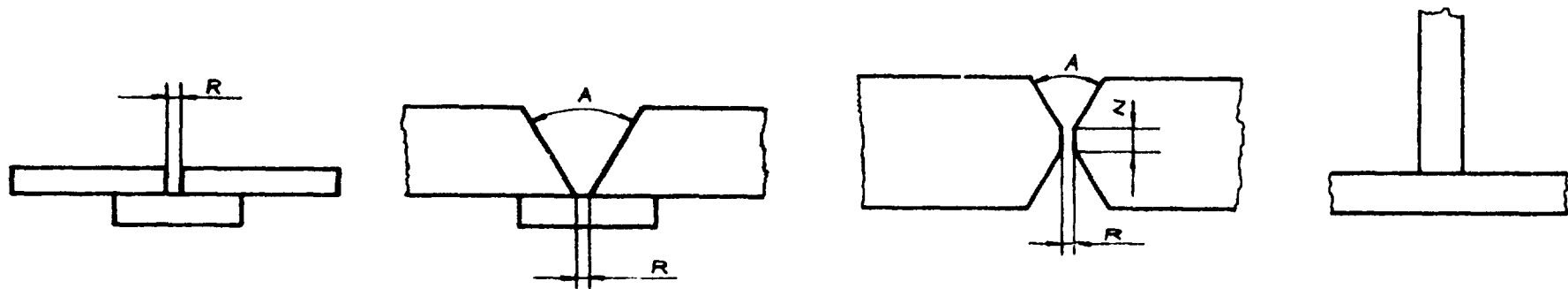
SC = SOBRE CABEZA

TABLA N°13 (CONTINUACION)

ESPESOR mm.	POSICION DE SOLDADURA	DISEÑO DE JUNTA	ABERTURA DE RAIZ mm.	ESPESOR DE NAIZ mm.	DIAMETRO ALAMBRE mm.	VELOCIDAD DE AVANCE DEL ALAMBRE cm/min.	VOLTAJE	AMPERAJE	VELOCIDAD DE AVANCE cm/min	NUMERO DE PASADAS
6,4	P.B.M.	2	2,4	1,6	1,1	596,9-622,3	20-21	220-225	30,5-43,2	2
	H.P.B.	2	2,4	1,6	1,1	457,2-482,6	18-20	175-185	20,3-33,0	2
		4			1,1	596,9-622,3	20-21	220-225	20,3-33,0	1
	V,SC.	2	2,4	1,6	0,89	508,0-533,4	17-18	120-125	15,2-20,3	2
		4			0,89	609,6-635,0	18-19	140-145	27,9-40,6	2
		4			0,89	558,8-584,2	17-19	130-135	10,2-15,2	1
9,5	HP.V.	2	2,4	1,6	1,1	457,2-482,6	18-20	175-185	30,5-43,2	4
		4			1,1	596,9-622,3	20-21	220-225	20,3-33,0	2
	V.	2	2,4	1,6	0,89	685,8-711,2	19-20	150-155	33,0-45,7 12,7-17,8	2 1
		4			0,89	685,8-711,2	19-20	150-155	10,2-15,2	2
	SC.	4y2	2,4	1,6	0,89	736,6-762,0	19-21	165-175	22,9-35,6	3
12,7	HP.V.	3	2,4	1,6	1,1	457,2-482,6	18-20	175-185	20,3-33,0	4
		4			1,1	596,9-622,3	20-21	220-225	27,9-40,6	4
	V	3	2,4	1,6	0,89	685,8-711,2	19-20	150-155	20,3-25,4	4
		4			0,89	685,8-711,2	19-20	150-155	27,9-40,6 10,2-15,2	2 2
	SC.	4y2	2,4	1,6	0,89	736,6-762,0	19-21	165-175	20,3-33,0	5

TABLA N° 14

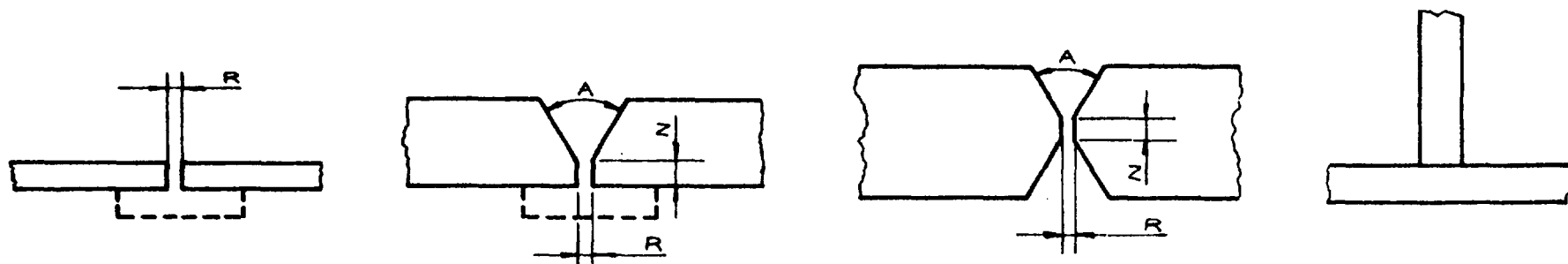
CONDICIONES DE SOLDADURA PARA ACEROS DULCES POR ARCO ROCIO Y ALAMBRE AWS E 705-3



ESPESOR mm.	DISEÑO DE JUNTA	ABERTURA DE RAIZ mm.	ESPESOR DE NARIZ mm.	DIAMETRO DEL ALAMBRE mm.	VELOCIDAD DE AVANCE DEL ALAMBRE cm/min.	VOLTAJE	AMPERAJE	VELOCIDAD DE AVANCE	NUMERO DE PASADAS
3,2	1	1,6		0,89	889,0 - 952,5	26-27	190-200	50,8-63,5	1
	4			0,89	952,5 - 1016,0	26-27	200-210	76,2-88,8	1
6,4	1	4,8		1,6	464,9 - 495,3	26-27	310 - 320	20,3-33,0	1
	2	2,4		1,6	431,8 - 457,2	25-26	290-300	30,5-43,2	2
	2	2,4		1,1	1016,0 - 1079,5	29-31	320-330	43,2-55,9	2
	4			1,6	596,9 - 622,3	27-28	360-370	38,1-50,8	1
	4			1,1	1079,5 - 1143,0	30-32	330-340	35,6-48,3	1
9,5	2	2,4		1,6	546,1 - 571,5	26-27	340-350	27,9-40,6	2
	3	1,6	2,4	1,1	927,1 - 977,9	29-30	300-310	27,9-40,6	2
	3	1,6	2,4	1,6	431,8 - 457,2	25-26	290-300	25,4-38,1	2
	4			1,6	520,7 - 546,1	26-27	330-340	25,4-38,1	2
12,7	2			1,6	495,3 - 533,4	26-27	320-330	43,2-55,9	4
	3	1,6	2,4	1,6	469,9 - 495,3	26-27	310-320	43,2-55,9	4
	4			1,6	596,9 - 622,3	27-29	360-370	38,1-50,8	3
15,9	3	1,6	2,4	1,6	495,3 - 533,4	26-27	320-330	33,0-45,7	4
	4			1,6	546,1 - 571,5	27-28	340-350	33,0-45,7	4
19,1	3	1,6	2,4	1,6	495,3 - 533,4	26-27	320-330	27,9-40,6	4
	4			1,6	596,9 - 622,3	27-28	360-370	25,4-38,1	6

TABLA N° 15

CONDICIONES PARA EL PROCESO DE SOLDADURA DE ALUMINIO POR ARCO ROCIO Y ALAMBRE 5356 CON PROTECCION GASEOSA DE ARGON.



ESPESOR mm.	POSICION	DISEÑO DE JUNTA	DIAMETRO ALAMBRE mm.	AMPERAJE	VOLTAJE	VELOCIDAD DE AVANCE cm/min.	GAS ARGON l/h	NUMERO DE PASADAS
3,2	PBM,HPV,V,SC	1-4	0,76	130-140	19-21	45,7-55,9	991	2-1
		1-4	1,19	140-150	19-21	88,9-101,6	991	2-1
6,4	PBM	1	1,19	180-190	22-24	53,3-66,0	1133	2
		2	1,19	160-170	20-22	71,1-83,8	1133	3
	HPV	1	1,19	160-170	20-22	71,1-83,8	1133	2
		2	1,19	200-210	22-24	81,3-91,4	1133	3
		4	1,19	200-210	21-23	48,3-58,4	1133	1
	V Y S.C.	1	1,19	150-160	19-21	71,1-83,8	1274	2
		2	1,19	200-210	22-24	81,3-91,4	1274	3
		4	1,19	200-210	21-23	48,3-58,4	1274	1
9,6	P.B.M.	2	1,6	250-260	21-23	71,1-86,4	1133	3
		2	1,6	240-250	21-23	66,0-78,7	1133	4
	H.P.V.	4	1,6	260-270	22-24	38,1-50,8	1133	1
		2	1,6	220-230	21-23	61,0-71,1	1274	4
	V. Y S.C.	4	1,6	220-230	21-23	61,0-71,1	1274	2
12,8	P.B.M.	2	1,6	250-260	22-24	63,5-73,7	1133	4
		3	1,6	270-280	22-24	81,3-91,4	1133	4
		2	1,6	250-260	22-24	63,5-73,7	1133	4
		3	1,6	220-230	21-23	50,8-61,0	1133	6
	H.P.V.	4	1,6	270-280	22-24	55,9-66,0	1133	3
		4	2,4	280-290	24-26	48,3-61,0	1416	2
		2	1,6	220-230	21-23	53,3-65,0	1274	4
	V Y S.C.	3	1,6	220-230	21-23	53,3-68,5	1274	4
		4	1,6	240-250	21-23	45,7-55,9	1274	3

TABLA N° 15 (CONTINUACION)

ESPESOR mm.	POSICION	DISEÑO DE JUNTA	DIAMETRO ALAMBRE m.m.	AMPERAJE	VOLTAJE	VELOCIDAD DE AVANCE cm/min.	GAS ARGON l/h	NUMERO DE PASADAS
16,0	P.B.M	3	1,6	270-280	22-24	71,1 - 83,8	1133	6
		3	2,4	310-320	25-27	63,5 - 76,2	1274	4
		4	1,6	270-280	22-24	33,0 - 43,2	1133	3
	H.P.V	4	2,4	310-320	26-28	43,2 - 53,3	1274	3
		3	1,6	250-260	22-24	76,2 - 86,4	1133	8
		2	1,6	230-240	22-24	53,3 - 63,5	1274	6
	V.Y S.C	3	1,6	230-240	22-24	53,3 - 63,5	1274	6
		4	1,6	250-260	22-24	53,3 - 63,5	1274	6
19,2	P.B.M.	3	2,4	310-320	26-28	38,1 - 48,3	1133	4
		3	1,6	260-270	22-24	58,4 - 68,6	1274	8
		4	2,4	350-360	28-30	38,1 - 48,3	1133	4
	H.P.V.	2	1,6	230-240	22-24	53,3 - 63,5	1274	8
		3	1,6	230-240	22-24	53,3 - 63,5	1274	8
	V.Y S.C.	4	1,6	230-240	22-24	48,3 - 58,4	1274	6
25,4	P.B.M	3	2,4	310-320	26-28	38,1 - 48,3	1133	6
		3	2,4	280-300	24-26	58,4 - 68,6	1274	8
	H.P.V.	4	2,4	350-360	28-30	38,1 - 48,3	1133	6
		2	1,6	230-240	22-24	53,3 - 63,5	1274	12
	V.Y S.C	3	1,6	230-240	22-24	53,3 - 63,5	1274	12
		4	1,6	250-260	22-24	48,3 - 58,4	1274	10

P.B.M. = PLANA BAJO MANO

H.P.V. = HORIZONTAL EN PLANO VERTICAL

V = VERTICAL

S.C. = SOBRE CABEZA

3a. CONFERENCIA

INDICE

Métodos especiales de Soldadura

1.- Tratamiento térmico de metales

1.1. General

1.2. Tratamiento térmico de aceros

1.2.a. Revenido

1.2.b. Recocido

1.2.c. Normalizado

1.2.d. Resumen de los microconstituyentes de los aceros al carbono

1.3. Aceros Aleados

1.4. Tratamiento térmico de los metales no féreos

2.- Soldadura de aceros aleados

2.1. Aceros al carbono (hasta 60 Kg. min. de resistencia)

2.2. Aceros al carbono y aleados

2.2.1. Electrodo similar a las normas:

DIN: Kb/ni/s 2 6 Fe

AWS: E 8015

2.2.2. Electrodo similar a las normas:

DIN: Kb (Mn Mo) s 26 Fe

AWS: E 9015

2.2.3. Otros electrodos para aceros aleados

2.3. Aceros inoxidable

2.4. Soldadura de fundición de hierro

2.5. Electrodo para recargues

2.6. Soldadura Eléctrica de los metales no ferrosos

3.- Alambres para soldadura semi-automática

4.- Otros procesos de soldadura

4.1. Proceso TIG

4.1.1. General

4.1.2. La soldadura con TIG de diversos metales

4.1.3. Comparación entre TIG y MIG

4.2. Arco Sumergido

4.2.1. General

4.2.2. Preparación de las juntas para arco sumergido

4.2.3. Parámetros de soldadura con Arco Sumergido

4.3. Soldadura por resistencia

- 4.3.1. Soldadura por puntos
- 4.3.2. Soldadura por resaltes
- 4.3.3. Soldadura por roldanas
- 4.3.4. Soldadura a tope por resistencia
- 4.3.5. Soldadura por chisporroteo
- 4.3.6. Soldadura por percusión
- 4.3.7. Soldadura por inducción
- 4.3.8. Soldadura por LASER
- 4.3.9. Soldadura por haz electrónico
- 4.3.10 Soldadura por ultrasonido

5.- Fallas y Control de soldaduras

- 5.1. Fallas o defectos
- 5.2. Métodos de inspección

6.- Pruebas Mecánicas destructivas

- 6.1. Cordones de recargue
- 6.2. Pruebas de soldadura a tope
- 6.3. Prueba de soldadura en esquina

3ª Conferencia.

1. Tratamiento térmico de metales.

1.1. General.

Debemos definir una soldadura como una colada de metal, rodeada por una zona térmicamente tratada o afectada. Así, hay que entender que la mitad de los problemas de soldadura son problemas de tratamiento térmico. Este tratamiento consiste en cambiar o variar las propiedades mecánicas, como dureza, ductilidad, fragilidad, límite elástico, carga de rotura, resistencia al desgaste, corrosión y maquinabilidad, por medio de variaciones de temperatura. Estos tratamientos reciben diversos nombres como endurecimiento, recocido, normalizado, revenido, etc.

1.2. Tratamiento térmico de aceros.

1.2.a. Revenido.

El revenido es un tratamiento térmico que se realiza con el acero, después que éste ha sufrido un temple. El revenido se hace a una temperatura ligeramente inferior a la temperatura de transformación (entre 150° y 650°C).

La misión del revenido hay que comprenderla dentro del siguiente razonamiento: con el temple obtenemos la máxima dureza posible pero no tenacidad, con el revenido perdemos algo de dureza a cambio de ganar tenacidad.

El revenido también es necesario para eliminar las severas tensiones internas producidas por el temple y evitar el agrietamiento del acero.

1.2.b. Recocido.

El recocido es un proceso reblandecedor que reduce al máximo la dureza del acero. Para recocer un acero, se le calienta hasta que rebasa justo la temperatura crítica y se le enfría a continuación muy lentamente. La dureza del acero recocido depende fundamentalmente de la velocidad del enfriamiento.

1.2.c. Normalizado.

Para normalizar un acero, se le calienta hasta unos 50°C por encima de la temperatura crítica y se le deja enfriar en el aire.

La velocidad de enfriamiento en el normalizado es una velocidad intermedia entre las usuales para el temple y para el recocido .

El objeto de la normalización es dotar el acero de mayor dureza y resistencia que con el recocido y afinar el grano.

La estructura de normalizado es lo que usualmente se forma en las soldaduras, constituidos por varios cordones. Supongamos que una soldadura se efectúa mediante varias pasadas.

Primero se deposita el segundo cordón de material de aporte, el calor que desprenda normaliza el material del primer cordón depositado, por lo que el resultado será un segundo cordón que presentará el grano más grueso que el primero. Cuando se deposite el tercer cordón se producirá el normalizado del segundo, y así sucesivamente. En consecuencia, salvo el último cordón depositado, todos los demás presentarán una estructura de normalizado, ésta es una de las ventajas de las soldaduras constituidas por varios cordones depositados sucesivamente.

1.2.d. Resumen de los microconstituyentes de los aceros al carbono.

Ferrita: esencialmente hierro puro: blando y dúctil.

Cementita: carburo de hierro, Fe_3C : duro y frágil.

Perlita: mezcla láminas de ferrita y cementita 0,8% C.

Austenita: hierro o acero: dúctil.

Martensita: acero templado duro y frágil.

1.3. Aceros Aleados.

Los aceros aleados se comportan de un modo similar que los aceros al carbono. Los elementos aleantes se dividen en dos grupos: endurecedores de ferrita y formadores de carburos.

Los endurecedores de ferrita se disuelven en la ferrita y la hacen más dura y tenaz. Los formadores de carburo favorecen la formación de éstos, los cuales son por sí, duros y frágiles.

Los aleantes hacen que algunos aceros se vuelvan autotemplables, es decir que enfriándolos en el aire adquieran gran dureza. Prácticamente eso significa que podemos calentarlos o soldarlos sin preocuparnos de que por el lento enfriamiento pierdan sus características. Si deseamos evitar la fragilidad en la zona de la soldadura será preciso precalentar y postcalentar en la zona a soldar.

Los aceros al cromo llamados aceros inoxidable martensíticos se deben calentar entre 985 y 1150°C para endurecerlos. Los aceros inoxidable ferríticos no pueden ser endurecidos.

Los cordones de aceros inoxidable austeníticos son muy propensos al agrietamiento a no ser que tengan en su composición una cierta proporción de ferrita, por lo que los electrodos y varillas de soldadura de éstos aceros suelen tener la cantidad mínima precisa de ferrita para evitar este agrietamiento.

Los aceros inoxidable austeníticos, por ser de muy bajo carbono sufren con gran facilidad una carburación, con la consiguiente pérdida de resistencia a la corrosión y precipitación de carburos.

Para rebajar las tensiones en estos aceros se debe usar temperaturas de 870°C o más altas.

Las operaciones de soldadura en aceros inoxidable austeníticos se deben efectuar por encima del intervalo de precipitación comprendido entre 430°C y 870°C procurando además, que la velocidad de enfriamiento, sea lo suficientemente rápida como para que el acero pase por ese intervalo de temperatura en un tiempo muy reducido.

1.4. Tratamiento térmico de los metales no férreos.

Si entendemos por tratamiento térmico únicamente un proceso controlador de dureza, resistencia mecánica y ductilidad, podemos decir que aparte del acero la mayoría de los metales no pueden ser tratados.

Para el endurecimiento hay dos procedimientos: de deformación en frío o la aleación con otros elementos.

Algunas aleaciones pueden ser tratadas en forma similar a los aceros al carbono:

Bronce de Aluminio de 90% Cu y 10% Al

Berilio-cobre: (2% de Berilio)

Aluminio-cinc

Magnesio 6% - Aluminio

Magnesio-cinc

Aleaciones de titanio.

El método de endurecer estos metales recibe el nombre de bonificación. Al igual que muchos metales, estas aleaciones pueden ser ablandadas mediante un recocido.

2. Soldadura de aceros aleados.

2.1. Aceros al carbono (hasta 50 kg. min. de resistencia)

Electrodos similar a las normas:

IRAM: Ea 343/20 + Ba 344/23

DIN: Kb IXS 343/20 + Kb IXS/344/23

AWS: E 7015 E 7016

Estos electrodos son generalmente clasificados dentro del grado llamados de bajo hidrógeno.

Depositán un metal con una resistencia a la tracción de 50-56 kg/mm², de fluencia 42-48 Kg/mm², alargamiento 28-30% y resistencia entre 10 y 14 Kg/cm².

El bajo contenido de hidrógeno evita el agrietamiento del metal de base en la zona afectada por el calor.

Para los aceros de contenido de carbono igual a 0.35-0.4% se recomienda un precalentamiento a 200°C y un enfriamiento lento y también, la soldadura con arco corto.

Se suelda mejor con un ángulo de 75° y con movimientos laterales cortos y lentos.

Estos electrodos, debido a su gran higroscopicidad deberán ser tratados con sumo cuidado.

2.2. Aceros al carbono y aleados.

(hasta 50-95 kg/mm²)

2.2.1. Electrodos similar a las normas:

DIN: Kb/ni/s 2 6 Fe

AWS: E 8015

Estos electrodos depositarán un metal con las siguientes características:

Resistencia a la tracción 56-62 Kg/mm².

Límite de fluencia 46-52 kg/mm²

Alargamiento 26-30%

Resistencia 10-16 Kg/cm².

Asimismo el metal depositado contiene 2% de Ni.

Debe soldarse con arco corto y movimientos laterales cortos y lentos, asimismo la velocidad de avance del cordón será lenta.

Por su composición evitan el agrietamiento y tienen una gran capacidad de deformación plástica.

2.2.2. Electrodo similar a las normas:

DIN: Kb (Mn Mo) s 26 Fe

AWS: E 9015

Estos electrodos depositan un metal de mayor resistencia que la anterior.

Se usan especialmente para aceros templados y revenidos y en cordones de raíz.

El hidrógeno controlado evita las proyecciones y los poros.

2.2.3. Otros electrodos para aceros aleados.

Existe una gran variedad de electrodos para la gran variedad de aceros.

Como regla general, cuando se trata de aceros aleados hay que soldarlos con un electrodo de composición similar y un revestimiento apto para evitar grietas; inclusiones y poros. Según el caso, se permite más o menos polvo de hierro en el revestimiento.

2.3. Aceros inoxidables.

Los electrodos de acero inoxidables se utilizan naturalmente para uniones de estos aceros, pero además tienen una gran variedad de otros usos, estos debido principalmente a su alto contenido de níquel, el cual disminuye apreciablemente la fragilidad.

Los electrodos inoxidables por esta razón se usan para aceros al carbono y como soportes de otras capas.

La base de los revestimientos de estos electrodos es mineral de caliza o rutilo.

La caliza se suelda con corriente directa y el rutilo con corriente alterna.

Para obtener un arco estable con corriente alterna, el revestimiento de rutilo exige aditivos que pueden producir metales más sensibles al agrietamiento, pero tienen la ventaja que se retiran más fácil las escorias.

También la forma del cordón depende de la clase del revestimiento: las de caliza producen cordones convexos y las de rutilo producen cordones cóncavos.

La gran desventaja de los electrodos con revestimiento rutilico consiste en que tienden en perder alguna parte del cromo en el arco.

Como en la fundición de aceros inoxidable, en la soldadura se pierde alguna parte de los aleantes, en particular el cromo y el titanio, si queremos un metal depositado con 18% de cromo debemos utilizar un electrodo de 19,5%, porque una parte del cromo se oxida en el arco y otra parte pasa a la escoria.

Los electrodos más usados en acero inoxidable son de la serie 308, que sirven para unir aceros inoxidables de tipos 301, 302, 304 y 305 y algunas veces, si se necesita una soldadura dúctil para unir aceros de los tipos 201, 202, 403, 410 y 420.

Los electrodos de la serie 308 L tienen un bajo porcentaje de carbonos para reducir la precipitación de carburos.

Los tipos 309 y 310 se utilizan para soldar aceros de baja aleación y aceros al carbono con aceros inoxidables.

Los tipos 316 y 316 L se utilizan con metales base del mismo tiempo.

Los electrodos del Tipo 410 son martensíticos y pueden utilizarse para unir la mayor parte de los aceros martensíticos y aceros inoxidables.

El tipo de electrodos 430 es ferrítico y se utiliza para unir aceros inoxidables.

Un cordón ferrítico debe tener buena ductibilidad y no presentar problemas al respecto, sin embargo, el metal depositado por el electrodo 430 puede resultar frágil debido a un crecimiento de grano. Se recomienda un recocido después de efectuar la soldadura.

Los electrodos, de tipo 502 no contienen níquel y se utilizan para unir aceros del tipo 500, los cuales se usan donde hay contacto con sustancias que contienen un elevado contenido en azufre. Las series de 400 y 500 son autoendurecibles y se requieren precalentamiento entre 130 y 260°, y un recocido posterior entre 730 y 815°C.

La soldadura de aceros inoxidables presenta siempre problemas, por lo cual resulta ventajoso tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

El metal tiene que estar limpio de óxido, aceite, grasa, suciedad y acero al carbono.

No se deben utilizar cepillos de alambre de acero, sino de alambre de cobre, ni tampoco piedras esmeriles con las cuales se ha esmerilado acero al carbono.

Como en el fundente es de bajo contenido de hidrógeno, hay que tener cuidado con el almacenaje de los electrodos respecto a la humedad.

Para disminuir el calor suministrado se deben utilizar electrodos pequeños con intensidades bajas, controlando así el crecimiento del grano, la oxidación excesiva y la pérdida de algunos elementos aleantes.

También se debe soldar con arco corto y emplear cordones estrechos:

El cuadro siguiente da un resumen sinóptico de la soldadura de los aceros inoxidables.

2.4. Soldadura de fundición de hierro.

Los electrodos para la reparación de fundiciones se dividen en dos grupos: los que dejan un cordón mecanizable y los que producen una soldadura no mecanizable.

Los electrodos que producen cordones mecanizables tienen porcentajes de níquel mayores del 60%.

En general son de escasa penetración y de pequeño diámetro para minimizar los efectos nocivos originados por la captación de carbono, procedente de la fundición, la cual produce fragilidad.

Debido a la fragilidad característica de la fundición se recomienda un precalentamiento y un enfriamiento lento para evitar agrietamientos debido a la fragilidad y la diferencia de dilatación del metal de base y el cordón.

Se recomienda trabajar con cordones cortos y martillar cada cordón durante el enfriamiento.

Cuando la reparación es grande se recomienda precalentar la pieza, hacer un "enmantecado" con electrodos a base de níquel, y luego rellenar la abertura con electrodo común de acero suave para reducir el costo de operación.

Para obtener mayor adherencia se pueden insertar espárragos roscados de acero suave en la fundición, los cuales al soldar se funden junto con el metal de aporte.

2.5. Electrodo para recargues.

Los recargues duros se utilizan con el fin de revestir impactos y/o abrasiones.

Estos dos tipos de desgastes exigen para revestirlos diferentes tipos de metales.

La resistencia a la abrasión se consigue mediante una superficie muy dura, tal como la obtenida con los carburos. Una buena resistencia al impacto exige tenacidad, cualidad que poseen los materiales austeníticos.

Los materiales de superficies duras pueden clasificarse según su resistencia a la abrasión y al impacto.

Más resistencia a la abrasión	Más resistencia al impacto	- Carburo de Wolframio
		- Carburos de cromo 26,5% Cr, 3,5%C
		- Acero semiaustenítico 15% Cr, 2,25% C.
		- Manganeso austenítico 13% Mn - 0,6% C
		- Ac.Inox.austenítico - 18% Cr
		- 8% Ni
		-0,08% C.

Además de estos cinco tipos existen varios electrodos de materiales martensíticos, que ofrecen buena resistencia al desgaste y a la abrasión.

Electrodos a base de cobalto en aleación con cromo, wolframio y carbono (tipo STELLITE) son notables por su resistencia al desgaste, al calor, corrosión e impacto.

Como en general los electrodos de desgaste se depositan sobre el metal de base diferente hay que tener cuidado con la dilución y la diferencia de dilatación.

Por lo tanto recomiéndase penetración no profunda y el uso de una capa elástica intermedia entre el metal de base y el recargue. Los aceros austeníticos inoxidable, por su ductilidad y tenacidad son los recomendados.

2.6. Soldadura Eléctrica de los metales no ferrosos.

Las soldaduras eléctricas por arco de metales presentan muchos problemas, debido a su conductibilidad térmica, su mayor facilidad de oxidación y absorción de gases, ya que el arco eléctrico no tiene la propiedad de ser reductor.

Sin embargo, estas dificultades son superables ahora por el uso de electrodos especiales, cuyo revestimiento contiene sustancias capaces de reducir los óxidos y también por el uso de la soldadura arco-gas (argón o helio) o el uso del procedimiento arcatom o por hidrógeno atómico.

Para la soldadura por arco del aluminio y aleaciones se usan electrodos especiales, cuyo núcleo es de la misma composición que el metal que se suelda y cuyo revestimiento contiene sustancias adecuadas capaces de reducir la alúmina (Al_2O_3), que por su elevado punto de fusión ($2050^{\circ}C$) con respecto al del aluminio ($657^{\circ}C$) dificulta mucho la soldadura.

Se deben tomar las precauciones necesarias en cuanto a la preparación y achafanado de los bordes de la junta, cual deben estar completamente limpios.

La soldadura se debe ejecutar con rapidez, sin latiguo del electrodo y con intensidades de corriente ligeramente inferior a la usada para los aceros de igual espesor.

Se aconseja corriente continua con el electrodo conectado, generalmente al polo positivo, y soldar en lo posible en posición horizontal.

Después de la soldadura debe realizarse una enérgica limpieza de la junta para evitar la corrosión, causada por los elementos incluidos en la escoria.

La soldadura del cobre y sus aleaciones presentan dificultades para su soldadura que se derivan de su extrema facilidad de absorción de gases y de su gran conductividad térmica.

Da buen resultado el empleo de electrodos infusibles de carbón, empleando aparte la varilla de aporte con un fundente a base de bórax, realizando el trabajo en caliente.

La soldadura del bronce puede realizarse con electrodos desnudos de esta misma aleación, manteniendo el arco lo más corto que sea posible, llegando incluso a rozar ligeramente con la punta del electrodo el baño de fusión.

La soldadura del latón no se realiza con arco eléctrico debido a que es inevitable la pérdida del zinc por evaporación.

3. Los alambres para soldadura semi-automática ya se han comentado en la 2ª Conferencia y pueden encontrarse tablas orientativas en el apéndice del apunte de la misma.

4. Otros procesos de soldadura.

4.1. Proceso TIG.

4.1.1. General.

En el proceso TIG se utiliza como fuente de calor un arco eléctrico entre un electrodo refractario (normalmente de tungsteno o de aleación de tungsteno-torio) y las piezas a soldar. Dicho arco está protegido por Argón o Helio. El metal de aporte normalmente aportado a mano es de un material similar al metal de base, aunque para chapas finas se suele usar el proceso TIG sin metal de aporte.

El gas Argón se emplea más generalmente que el helio, y tiene las siguientes ventajas:

- 1 - Voltaje de arco más bajo, debido a su inferior potencial de ionización (potencial de ionización Argón = 15,7 V, Helio = 24,5 V.
- 2 - Menos requisitos para proteger adecuadamente la soldadura.
- 3 - El cebado del arco es más fácil.
- 4 - Mejor acción de limpieza de óxidos refractarios.
- 5 - Costo inferior.

El proceso TIG mediante una buena regulación de intensidad y un flujo de gas adecuado tiene las siguientes características:

1. Un buen rendimiento de operación.
2. Deformaciones reducidas.
3. Un cordón liso y de buen aspecto
4. Una buena protección contra la atmósfera.

Estas características suponen:

1. Ausencia de óxido y de proyecciones.
2. Poca caloración
3. Buena calidad metalúrgica de la unión.

El proceso TIG tiene una fuente concentrada de calor y permite una regulación cómoda del calor aportado.

El campo clásico de aplicaciones para chapas entre 0,10 y 3 mm. de espesor aunque se puede soldar hasta espesores de 25 mm.

El proceso TIG permite corriente alterna o corriente continua. La corriente alterna tiene problemas de cebado del arco y extinción, lo que se supera, agregando una corriente alterna en paralelo de poca intensidad pero de alta frecuencia y alto voltaje.

La polaridad invertida o inversa con la corriente continua se utiliza poco por permitir unicamente bajas intensidades y dar poca penetración.

Las intensidades de corrientes para los diferentes electrodos en TIG, respecto a sus diámetros están en la tabla N°1:

Capacidades de corriente para los electrodos de wolframio.

Diámetro		Wolframio puro, PDCC (A)	Torio = PDCC wolframio, PDCC (A)	Torio = CAAF wolframio, CAAF (A)
Pulg.	mm.			
0,020	0,5	hasta 16	hasta 25	hasta 20
0,040	1,0	hasta 65	hasta 100	hasta 60
1/6	1,6	60-150	20-180	60-120
3/32	2,4	140-275	40-300	100-180
1/8	3,2	250-375	50-475	170-250
5/32	4,0	300-480	60-600	200-320
3/16	4,8	350-500		300-400

PDCC = Corriente continua, polaridad directa.

CAAF = corriente alterna con alta frecuencia.

El electrodo debe sobresalir de la boquilla lo menos posible para obtener una buena protección. Esta longitud depende de las condiciones del trabajo y oscila entre 1/16" y 1/4" (1,6 - 6,4mm).

4.1.2. La soldadura con TIG de diversos metales.-

1. Aluminio de espesor entre 0,5 y 10 mm. se suelda preferentemente con electrodos de circonio-tungsteno, empleando CAAF o PICC (corriente continua, polaridad invertida) ésta última para los materiales más finos.

La Tabla N° 2 es para uniones a tope sin soporte y con CAAF en posición horizontal. Para espesores de 3 a 6 mm. se necesitan dos pasadas.

Tabla N° 2

Soldadura a tope por TIG de aluminio y sus aleaciones.

Esesor del material	Diámetro del electrodo	Corriente (A)	Argón	Varilla de aport.	Velocidad.	Diámetro interior boq. gas.
mm.	mm		1/min.	mm.	cm/min.	mm.
0,8	1,6-2,4	80	5,6	1,6-2,4	35,5	6,4
1,6	2,4-3,2	105	7,5	2,4	33,0	9,6
2,0	3,2	115	7,5	3,2	30,5	9,6
3,1	3,2	160	7,5	3,2	35,5	9,6
4,8	4,8	270	9,5	4,8	28,0	9,6
6,4	4,8	270	9,5	4,8	28,0	9,6

2. La soldadura con TIG de aceros inoxidable requiere electrodos de tungsteno, aleados con torio o circonio.

Se emplea el argón para la soldadura manual y automática, aunque da mejor resultado el Helio, ya que los cambios en la longitud del arco con helio, producen mayores variaciones en el voltaje del arco, lo que hace más fácil el control automático de éste. El helio también da más calor, lo que permite mayor velocidad de soldo y proporciona un cordón con mejor contorno.

La Tabla 3 se puede utilizar en soldaduras a tope, en posición plana con CCPD.

Tabla N° 3.

Soldadura a tope por TIG de aceros inoxidable.

Espesor del material	Diámetro del electrodo	Corriente (A)	Argón	Varilla aportac.	Velocidad	Diámetro interior boq. gas.
mm.	mm		l/min.	mm	cm/mm	mm.
0,8	1,0	30-45	6,6	1,6	25,4	9,6
1,6	1,6	80-100	6,6	1,6	30,5	9,6
2,4	1,6	100-120	6,6	1,6-2,4	30,5	9,6
3,2	1,6	120-140	6,6	2,4	30,5	9,6
4,8	2,4	200-250	6,6	3,2	25,4	12,3

3. La soldadura con TIG del cobre requiere electrodos de tungsteno toriado, con PDCC y varilla de aporte de cobre con estaño desoxidado. Se protege con helio o con una mezcla de 75% de helio y 25% de Argón, evitando así el precalentamiento, debido al mayor calor del helio.

La tabla N° 4 se puede utilizar para soldaduras a tope, en posición plana con CCPP.

Tabla N° 4.

Soldadura a tope por TIG del cobre y sus aleaciones.

Espesor del material	Diámetro del electrodo	Corriente (A)	Argón	Varilla aportac.	Velocidad.	Diámetro interior boq. gas
mm	mm		l/min.	mm.	min.	mm.
0,8	1,0	90-105	7	1,2	33,0	6,4
1,6	1,6	110-150	7	1,2	30,5	9,6
2,4	1,6	145-190	7	1,6	30,5	9,6
3,2	2,4	175-225	7	2,4	28,0	9,6

4. La soldadura con TIG de aceros aleados al carbono y de baja aleación puede ser problemática, debido a la efervescencia del material de base.

Las uniones a tope de aceros al carbono y de baja aleación se pueden soldar sin separación hasta 1/8 de pulgada, en la misma forma que con electrodo revestido. De 1/8" a 3/8" se pueden realizar uniones a tope sin preparación de bordes y con CCPD.

Normalmente no se suelen usar el proceso TIG para espesores mayores a 3/32".

Tabla Nº5.

Soldadura a tope por TIG de aceros al carbono y debilmente aleados en posición horizontal.-

Espesor del material	Diámetro del electrodo	Corriente (A)	Argón	Varilla de aportac.	Velocidad.	Diámetro interior boq. gas.
mm	mm		l/min.	mm	cm/min.	mm.
0,8	1,6	80-100	5,2	1,2	35,5	6,4
1,6	2,4	100-130	5,2	1,6	30,5	6,4
2,4	2,4	100-150	6,1	1,6	30,5	9,6

5. La soldadura TIG de fundiciones grises y dúctiles se pueden realizar con varillas de aportación de fundición sin fundente. Las pérdidas de carbono y silicio en el arco son despreciables.

En este caso se recomienda un precalentamiento a 260°C y un enfriamiento controlado.

La Tabla N° 6 da los valores de los parámetros para este proceso.

Tabla N° 6.

Soldadura a tope TIG de fundiciones en todas las posiciones.

Espesor del material	Diámetro del electrodo	Corriente (A)	Argón	Varilla de aportación	Velocidad.	Diámetro interior boq. gas	Potencia
mm	mm		l/min	mm	cm/min.	mm	
6,4	2,4	150	7,5	4,8	20	6,4	CAAF
25,4	3,2	325	11,8	6,4	33	12,8	CCPD

4.1.3. Comparación entre TIG y MIG.

La gran diferencia entre los dos procesos existe en la limitación de la densidad de corriente que puede circular por el electrodo de wolframio, lo cual limita el campo de aplicación del TIG a espesores de máximo 1/8 y aún menos, por el peligro de contaminación con inclusiones de tungsteno dentro de la soldadura.

El método MIG no tiene esta limitación, pero no es adecuado para el soldado de espesores muy finos.

La Tabla N° 7 da la comparación:

Tabla Nº 7.

Comparación TIG-MIG .

	TIG	MIG
Corriente y polaridad	CAAF, PDDC	PICC
Espesor de material en pulg.	hasta 1/4 aprox. (6,4)	superior a 0,040 (2 mm)
Método	manual, dos manos	semiautomático, una mano
Velocidad de soldeo	la mitad que el MIG	doble que el TIG.
Destreza del operario	alta	menos exigente
Calidad de la soldadura	excelente	excelente
Entretención del equipo	poco	mayor

4.2. Arco Sumergido.

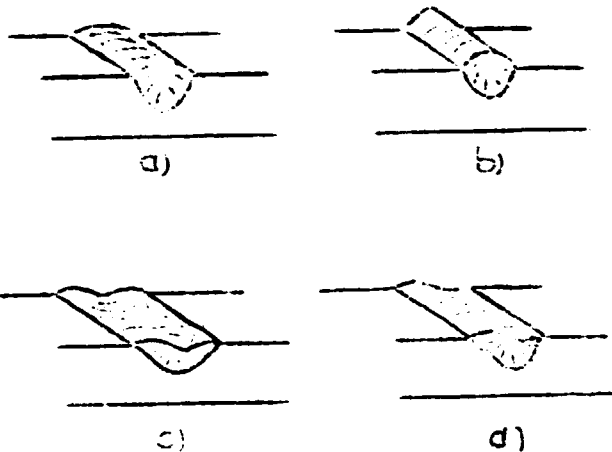
4.2.1. General.

El proceso de Arco Sumergido se emplea cuando se requiere una gran velocidad de metal de aporte, utilizando intensidades considerables los cuales funden una gran cantidad del metal de aporte y del metal de base, aportando también una cantidad de calor, lo que produce un crecimiento del grano del material fundido y del metal de la zona térmicamente afectada, mostrando una estructura parecida a la de la fundición, lo que hace suponer que estas soldaduras tienen mala ductilidad y baja resistencia.

Esto, sin embargo, no es así, ya que los cordones de arco sumergido tienen una ductilidad y una resistencia por lo menos igual al metal de base. La alta calidad de estas soldaduras se debe principalmente a las cualidades del fundente y a su buena protección.

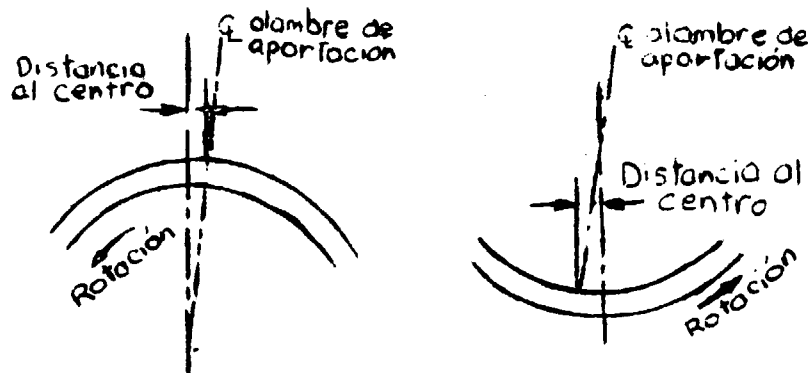
Para optimizar las soldaduras de arco sumergido se hacen normalmente en instalaciones automáticas, controlando los parámetros automáticamente. La limitación principal de este proceso es que se debe realizar en posición plana o casi plana.

La gran cantidad de metal fundido (2 kg. de metal de base por cada kilogramo de metal de aporte) produce un baño fundido tan grande que el metal fluye, con cualquier inclinación del trabajo, fenómeno que se puede aprovechar para controlar el aspecto del cordón. (Ver Figura).



- a = Soldadura horizontal
- b = Soldadura hacia arriba
- c = Soldadura hacia abajo
- d = Soldadura con inclinación a la izquierda.

Las soldaduras circulares con arco sumergido se deben efectuar según lo indicado en la Figura:



Como la penetración depende del ángulo del alambre es el grado de penetración el que determina la distancia del desplazamiento - (mayor ángulo = mayor penetración).

Si se suelda por un solo lado a tope con penetración total se suele poner un respaldo.

Este respaldo puede ser una platina del mismo metal de base, o una barra de cobre, una cinta de lana de vidrio, o un fundente de composición especial para este fin.

4.2.2. Preparación de las juntas para arco sumergido.

Se puede soldar a tope hasta 5/8" de espesor sin preparación de bordes, obteniendo una penetración total, soldando ambos lados, pero con este método se puede quedar atrapado inclusiones de escoria, por lo cual estos cordones, por lo general no pasan las pruebas radiográficas,

Para mejorar la calidad se suele preparar los bordes según las indicaciones de las siguientes tablas:

Soldaduras a tope de primera calidad con soporte de cobre y bordes cuadrados.

Espesor material mm.	Separación de talón mm.	Diámetro Varilla mm.	Corriente de Arco (A)	Voltaje de arco (V)	Velocidad cm/min.
2,0		2,4	325-375	25	254-380
2,6		3,2	350-400	25	190-254
3,2	0-1,6	3,2	400-475	26	127-200
4,8	0-1,6	4,0	600-650	26	90-127
6,4	0-2,4	4,8	750-850	28	64-90
8,0	0-2,4	4,8-5,6	800-900	30	64-76

Soldaduras a tope en X de primera calidad. (Pasada de cara)

Espesor material mm	Profundidad de la semi-X (V) mm	Angulo de la semi-X (V)	A (min)	Alambre	
				mm	cm/min.
9,6	3,2	Saneado de raíz	500	4,8	51
12,8	3,2	Saneado de raíz	900	4,8	40
19,2	6,4	90	1100	6,4	33
25,4	9,6	90	1200	6,4	28
38,2	16,0	70	1600	8,0	23
50,8	19,2	80	1900	8,0	15
63,6	25,4	80	2000	8,0	13

Soldaduras a tope en X de primera calidad (Pasada de raíz).

Espesor material	Talón	Profundidad de la semi-X	Angulo de la semi-X (V)	Amp. (min.)	Alambre	
mm.	mm.	mm.			mm.	cm/min.
9,6	9,6			500	4,8	56
12,8	9,6	3,2	90	650	4,8	46
19,2	8,0	4,8	90	850	6,4	40
25,4	8,0	8,0	90	1000	6,4	38
38,2	11,2	11,2	60	1300	6,4	25
50,8	12,8	19,2	70	1500	8,0	18
63,6	16,0	22,4	70	1700	8,0	13

4.2.3. Parámetros de soldadura con Arco Sumergido.

1. Inclinación de la Varilla.

El alambre puede estar respecto al avance de la soldadura, inclinado hacia adelante, perpendicular o hacia atrás.

Inclinando hacia atrás la penetración será menor, el cordón más ancho y menos sobresaliente, por lo cual se prefiere para soldar chapas delgadas.

Para soldaduras en ángulo en horizontal el alambre bisera el ángulo de 90° y la penetración se puede aumentar dirigiendo la varilla a la unión con un ángulo menor.

2. Voltaje.

La forma del cordón está sujeta al voltaje. Un voltaje bajo reduce el sobreespesor y un voltaje alto amplía la zona de fusión y reduce la penetración.

3. Intensidad.

Mayor intensidad da más penetración y más sobreespesor.

4. Velocidad de avance.

Velocidad alta produce mordeduras.

El sobreespesor se aumenta reduciendo la velocidad.

5. Espesor del fundente.

La capa del fundente debe ser uniforme.

Espesor de la capa en exceso produce un cordón con mal acabado, debido a la formación de una cantidad excesiva de gases, hasta puede producir porosidad.

La escasez de fundente produce proyecciones.

4.3. Soldaduras por resistencia:

Las soldaduras, descritas bajo este capítulo utilizan corriente eléctrica y presión de forja para realizarse.

Como en vez de utilizar la resistencia de un arco eléctrico que es mucho menor que la resistencia de las piezas a unir, estos procesos requieren corrientes mucho más altas. Esto limita en general, el uso de este proceso a chapas delgadas, ya que cuanto más gruesas sean las chapas a soldar, más resistencia tiene y corrientes más altas son requeridas para el soldeo.

4.3.1. Soldadura por puntos.

Este proceso es el más usado de este grupo y se realiza en cuatro etapas, cada una de las cuales ocupa apenas una fracción de segundo.

- 1 - Período o etapa de presión: los electrodos ejercen la presión necesaria sobre las chapas.
- 2 - Período de soldeo: La corriente circular, fundiendo un botón entre las dos chapas, mientras que se mantiene la presión.
- 3 - Período de separación: Se releva la presión, se separan los electrodos de la pieza, la cual se retira.
- 4 - Período de solidificación: Sin corriente se mantiene la presión hasta que se solidifica el botón.

La cantidad de calor que se requiere para una soldadura por puntos es realmente insignificante, pero que se suministra en una fracción de segundo (0,1 seg.) con bajo voltaje y debido a esto se requiere una intensidad de corriente muy alta.

El calor suministrado es proporcional al cuadrado de la corriente y la resistencia del circuito tiene cinco puntos predominantes:

- 1 - Resistencia de contacto entre el electrodo superior y la chapa superior.
- 2 - Resistencia de la chapa superior.
- 3 - Resistencia de contacto entre las dos chapas.
- 4 - Resistencia de la chapa inferior.
- 5 - Resistencia de contacto entre la chapa inferior y el electrodo inferior.

Como el calor generado es proporcional a estas resistencias, la parte de mayor calor y mayor temperatura es la parte de mayor resistencia y en este circuito la resistencia mayor se tiene en la zona de contacto entre las dos chapas, donde se va a formar el botón de soldadura.

Como el tiempo de aplicación de la corriente es muy corto la disipación de calor es ínfimo.

La soldadura por puntos resulta uniforme y de buena ejecución si las chapas están completamente limpias.

Los óxidos superficiales o electrodos defectuosos causan variaciones en el tamaño y formación del botón.

Los materiales de alta resistencia eléctrica (aceros al carbono e inoxidable) son más fáciles de soldar y requieren más corriente que los llamados conductores (cobre-aluminio) que son más difíciles de soldar, porque además de la baja resistencia tienen una mayor conductividad térmica, lo que no permite la concentración del calor en la región del soldeo. Las corrientes de soldeo son superiores para los conductores de manera de compensar las fugas de calor.

Para controlar la difusión de calor se realiza la operación con ciclos de corriente en vez de aumentar el tiempo de aplicación de ésta. Además, este proceso evita que el metal se ablande y que el electrodo haga un hoyo en la pieza.

Este modo de operación es mejor ya que la resistencia cambia constantemente con el calor de la pieza.

La intensidad de la corriente se regula por el tamaño de la punta del electrodo, no permitiéndose más que 110 A/mm². Cuando la pieza y el electrodo tienen la misma resistencia eléctrica, tienden a pegarse y se producen problemas por efecto del calentamiento. La chapa más gruesa tiene más resistencia y recibe más calor. La solución de este problema está en la utilización de un electrodo de menor diámetro sobre la chapa más delgada.

Para obtener puntos regulares se requiere una penetración mínima de 20% del espesor de la chapa y se tolera hasta un 80%, desmejorando el aspecto por hundimiento de las chapas.

El estado superficial es de mucha importancia en la ejecución de soldaduras por puntos, por esto chapas galvanizadas requieren mayores presiones e intensidades que chapas sin galvanizar de los mismos espesores.

La falta de presión puede producir mordeduras, por el aumento de la resistencia entre el electrodo y la chapa.

Para controlar las deformaciones (aunque son menores que con soldadura por Arco) se debe soldar del centro hacia afuera buscando la simetría (al igual que con soldadura por arco).

En hoja aparte se encuentran tres tablas con los valores de los parámetros de soldadura para diferentes metales.

4.3.2. Soldadura por resaltes.

La soldadura por resaltes es una variación de la soldadura por puntos.

Los resaltes se hacen de antemano en una de las chapas a soldar: sobre la más gruesa de las dos si son de espesores diferentes. De esta forma los resaltes determinan la posición exacta del punto y su área. Cuando pasa la corriente de soldeo, los resaltes se aplastan bajo la presión de los electrodos; de esta forma, las dos chapas quedan en perfecto contacto después de soldadas; es normal para este tipo de soldaduras, utilizar grandes corrientes y un número mínimo de ciclos de soldeo, así como electrodos anchos y relativamente bajas densidades de corrientes. Es especialmente ventajosa cuando se tienen que hacer muchos puntos simultáneamente.

La soldadura por resaltes se realiza con las máquinas de soldar por puntos de tipo prensa. Las de brazo basculante no son adecuadas. Los resaltes se hacen rutinariamente por medio de matrices.

Una aplicación bastante corriente de la soldadura por resaltes es la soldadura de varillas cruzadas, utilizadas en la fabricación de rejillas, parrillas, verjas, etc. Los puntos de contacto de las varillas cruzadas constituyen los resaltes para el soldeo. Las soldaduras se realizan con puntas de electrodo planas normalizadas o bien con puntas con ranuras en V. También se utilizan puntas especiales para realizar varias de estas soldaduras al mismo tiempo.

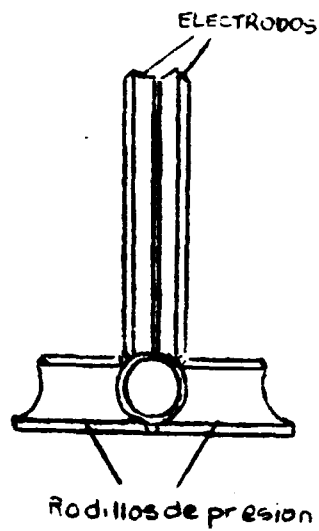
Los metales con baja resistencia al calor, como el aluminio o algunas aleaciones de cobre, raramente se sueldan por resaltes. Estos no deben ser tan rígidos que no puedan aplastarse, ni tan pequeños que no puedan producir suficiente calor en las chapas.

4.3.3. Soldadura por roldanas.

En la soldadura por roldanas, los dos electrodos se reemplazan por roldanas de aleación de cobre y la pieza se desplaza presionada entre ellas. De esta forma, una máquina de roldanas puede realizar una soldadura continua. Una de las roldanas o las dos, pueden ir movidas a motor. La unión se realiza por una serie de puntos superpuestos o espaciados a cortos intervalos por conexión y desconexión de la corriente de soldeo, sin quitar la presión de los electrodos circulares. El segundo método de puntos espaciados se denomina soldadura de puntos por roldana. Es un proceso similar a la soldadura por puntos con electrodo, excepto en que los tiempos de soldeo y mantenimiento son más cortos y las corrientes son más grandes. El espacio entre puntos se obtiene ajustando la velocidad de rotación de las roldanas y el tiempo equivalente al período de subida del electrodo en la soldadura por puntos normal. La corriente de soldadura puede aplicarse, ya cuando los electrodos se mueven, o bien cuando estén parados. La velocidad de las roldanas no puede ser muy grande, o la presión se apartará del punto soldado demasiado pronto, dando lugar a que se produzcan cavidades por contracción o grietas.

Es posible realizar soldaduras continuas a tope por el método de resistencia, empleándose para el soldeo de costuras longitudinales de tubos y tuberías, donde no se desea una unión a solape. La Figura recoge un esquema de los electrodos y rodillos de presión para este tipo de soldadura.

Los rodillos de presión cierran la costura y el paso de una elevada corriente por los electrodos atraviesa la pieza proporcionando el calor de soldeo. El metal de la región de la costura es llevado al estado plástico, pero no llega a fundir. También se utilizan otros métodos para el soldeo de uniones a tope, como el de calentamiento por inducción.



Soldadura por roldanas de acero inoxidable austenítico.

Espesor mm.	Anchura de roldana mm.	Esfuerzo de la roldana kg.	Ciclos de sol- deo.	Ciclos de in- tervalo entre puntos	Velocidad de la rol- dana. m/min.	Puntos cm.	Corrien- te (A)
0,53	6,4	320	3	2	1,27	5,1	8000
0,81	9,6	453	3	3	1,27	4,8	10500
1,02	9,6	600	3	4	1,14	4,3	13000
1,55	12,8	900	4	5	9,60	3,9	15000
2,00	16,0	1100	4	6	9,10	3,5	16000
2,40	16,0	1270	5	6	9,10	3,5	16500
3,20	19,2	1600	6	6	8,90	3,1	17000

Soldaduras por roldanas de acero dulce.

Espesor mm.	Anchura de la roldana mm.	Esfuerzo de la roldana kg.	Ciclos de sol- deo.	Ciclos de in- terva- lo en- tre pun- tos.	Velocidad de la rol- dana. m/min.	Puntos cm.	Corrien- te (A)
0,53	9,6	225	2	2	1,90	4,8	11000
0,81	12,8	320	3	2	1,80	3,9	13000
1,02	12,8	400	3	3	1,70	3,5	15000
1,55	12,8	500	4	4	1,60	2,7	17000
2,00	16,0	680	6	5	1,40	2,3	19000
2,40	16,0	815	7	6	1,27	2,2	20000
3,20	19,2	1000	11	7	1,14	1,8	22000

Soldaduras por roldanas de aleaciones de aluminio.

Espesor mm	Esfuerzo electrodo kg.	Ciclos de soldeo	Ciclos de in- terva- lo en- tre puntos	Velocidad de Soldeo m/min.	Puntos cm.	Corriente amp.
0,51	250	1	3 1/2	1,00	8,0	24000
0,08	320	1	4 1/2	1,00	6,	29000
1,02	340	2	5 1/2	0,90	5,5	32000
1,55	400	3	8	0,75	3,9	38000
2,00	500	4	11	0,6	3,5	41000
2,55	550	5	15	0,6	3,1	43000
3,40	600	7	21	0,5	2,7	45000

4.3.4. Soldadura a tope por resistencia.

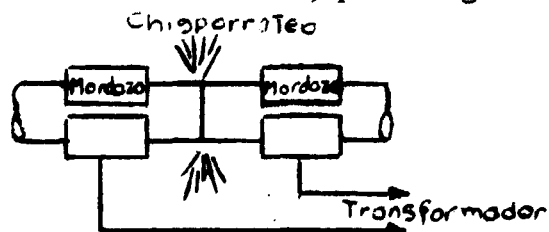
Este método es parecido a la soldadura por chisporroteo. Mediante él pueden soldarse a tope los extremos de tuberías, barras, varillas, perfiles extruidos, alambres y chapas. Las dos partes a unir se sujetan fuertemente con mordazas y se presionan una contra otra por sus extremos haciendo pasar una corriente a través de la unión de las dos piezas. La densidad de corriente oscila de 3,2 a 8 A/mm² (2000 a 5000 A/pulg²). Cuando la unión se calienta debido a su resistencia de contacto, la presión se aumenta y la unión se forja. La presión final puede ser hasta de 560 kg/cm² (8000 lib/pulg²). Esta presión debe ser estrechamente controlada: una presión demasiado baja puede producir una unión porosa, de baja resistencia mecánica, mientras que una presión excesiva aplasta demasiado al metal, dando uniones con baja resistencia. El metal de la unión no llega a fundir, alcanzando sólo el estado plástico. La rebaba resultante debe ser mecanizada después de la soldadura para llevar la unión a su dimensión deseada.

Este método se usa frecuentemente en la soldadura de ciertas sierras sin-fin.

4.3.5. Soldadura por chisporroteo.

La soldadura a tope por resistencia se usa menos corrientemente que la de chisporroteo. Esta sirve para las mismas aplicaciones, realizando también soldaduras a tope de los extremos de las piezas. Las dos piezas a soldar se amarran y sus extremos se llevan a un suave contacto. La densidad de corriente es aproximadamente la misma que en la soldadura, a tope por resistencia. La corriente produce un chisporroteo a su paso por la unión que funde los extremos de las dos piezas. A continuación se aplica rápidamente una presión de 350 a 1750 kg/cm² (5000 a 25.000 lib/pulg²) para realizar la unión, y cuando el material está forjado, la corriente se aumenta a valores que duplican la corriente inicial. La soldadura por chisporroteo se utiliza para unir los rollos individuales de redondos que a continuación van a sufrir un laminado continuo para fabricar tubos u otros productos que requieran el paso continuo a través de cilindros de laminación, para el soldo de railes de ferrocarril en longitudes ininterrumpidas y para otras muchas aplicaciones.

El procedimiento es excelente para soldar metales distintos sin problemas de dilución. Por ejemplo, la unión soldada por chisporroteo, entre la cabeza de una válvula de expulsión de stellite y su vástago de acero inoxidable martensítico, para un gran motor diesel estático.



Cuando se sueldan a tope dos piezas de diferente resistencia eléctrica, el material de menor resistencia se coloca más lejos de la unión, con objeto de aumentar dicha resistencia.

Soldadura por chisporroteo de barras macizas redondas o cuadradas.

Diámetro de la barra.	Distancia inicial de la mordaza a la unión.	Tiempo de chisporroteo
mm.	mm.	s
6,4	5,0	2
12,8	11,0	4 1/4
25,4	21,0	13
50,8	41,5	90

La secuencia de operaciones en este tipo de soldadura puede ser la siguiente:

- 1 - Transporte de la pieza a la máquina y sujeción de aquella con las mordazas.
- 2 - Conexión a la fuente de voltaje de soldadura.
- 3 - Chisporroteo.
- 4 - Forja
- 5 - Interrupción de la corriente.
- 6 - Desamordazar la pieza y retirarla.

4.3.6. Soldadura por percusión.

La soldadura por percusión es parecida a la de chisporroteo, puesto que también utiliza una súbita descarga de corriente a través de la unión para generar el calor de soldeo. Cuando las superficies a unir están en estado plástico, se sueldan por un golpe producido por un muelle o por un cilindro neumático. El arco eléctrico se extingue en el momento en que los extremos se unen, y se establece por uno de los cuatro métodos siguientes:

- 1 - Por contacto entre las piezas, separándolas después y formándose

el arco en el retroceso.

- 2 - Aplicación de un voltaje lo suficientemente alto como para ionizar el espacio entre las dos piezas a soldar.
- 3 - Por paso de la corriente a través de una junta que une las piezas de trabajo.
- 4 - Empleando altas frecuencias.

El arco se mantiene solamente durante una pequeña fracción de segundos y, por lo tanto, en este tipo de soldadura se obtiene una pequeña zona térmicamente afectada, aproximadamente de unos 0,25 mm. (0,010 pulg).

Por ello se recomienda para aceros inoxidable de todos los tipos: la precipitación de carburos es escasa en los aceros austeníticos, el crecimiento de grano no es pronunciado en los ferríticos y la zona endurecida es pequeña en los martensíticos. También es muy adecuado este proceso para soldar metales distintos. La corriente de corta duración, casi siempre se obtiene por descarga de condensadores o algunas veces por la energía electromagnética almacenada en el transformador.

4.3.7. Soldadura por inducción.

Cuando se dispone de una alta potencia de entrada (3 a 25 KW) se justifica muchas veces usar como equipo de calentamiento un generador de alta frecuencia (10 a 1000 kc) con este equipo se logra un rendimiento del 50%, lo que es algo muy difícil de lograr con otros métodos.

Este método se puede usar también para fusión tratamientos térmicos y otras operaciones. Tiene las siguientes ventajas:

- 1 - Elevada producción
- 2 - Costo de mano de obra reducida.
- 3 - Menor manipuleo de material
- 4 - Poco mantenimiento
- 5 - Reducido espacio.
- 6 - Bajo consumo de energía por pieza.

7 - Mayor aprovechamiento del metal de las piezas.

8 - Poco material térmicamente afectado por el poco tiempo que requiere el proceso.

La velocidad de calentamiento por este método es realmente sorprendente (por ejemplo funde la superficie de una barra redonda de acero de 20 mm. de diámetro en seis segundos).

Además la versatilidad de operación induce a la industria a utilizarlo ya que el mismo equipo sirve para toda clase de operaciones.

Soldar con bronce

Soldar con estaño

Soldar por fusión

Calentar

Templar

Tratar térmicamente

Rebajar tensiones

Fundir en crisol

En metales ferrosos o no ferrosos.

Los principios de este proceso se pueden resumir así: la pieza o conjunto a calentar, actúa como secundario de un transformador, siendo el primario un tubo de cobre de 1/4" de diámetro, arrollado y adaptado a la pieza.

El equipo al cual está conectado el primario es un transformador reductor que induce en la pieza un pequeño voltaje y una gran corriente.

La corriente que es inducida en la pieza es de varios miles de amperios en la superficie de la misma produciendo, por resistencia un gran poder calorífico.

En resumen, se puede decir que el calentamiento por inducción es un calentamiento por resistencia, utilizando la misma pieza como resistencia.

Los equipos o generadores de involución son máquinas de alta frecuencia que producen corriente alterna de onda larga.

La alta frecuencia se obtiene de una potencia normal de 50 ciclos de la siguiente forma: la corriente trifásica de 50 ciclos se rectifica primero por medio de un rectificador de mercurio de 6 lámparas (dos por fase). con la corriente obtenida se alimenta un circuito oscilador en donde una bobina de inducción y un condensador se recargan continuamente uno a otro, y en el cual una gran válvula triodo de gas reinyecta constantemente potencia, para compensar la potencia extraída para calentar la pieza.

El efecto de este proceso es un calentamiento pelicular o superficial, ya que la mayor parte de la corriente es conducida por la superficie exterior y apenas una pequeña parte por el centro, el cual se calienta también por la conductividad del metal.

La profundidad, suponiendo que toda la corriente pase por la superficie se expresa con la siguiente fórmula:

$$d = 5034 \sqrt{\frac{G}{\nu f}}$$

d = profundidad en centímetros.

G = resistividad de la pieza en ohmios mm^2/cm .

f = frecuencia del oscilador en ciclos por segundo.

u = permeabilidad magnética relativa de la pieza

= 1 para metales paramagnéticos (cobre, acero inoxidable)

= superior a 1000 para aceros magnéticos, pero como la temperatura de la soldadura es superior a la temperatura Curie (donde se pierde el magnetismo) así que podemos tomar u = 1 también para estos metales.

Ejemplo: calentar una barra de acero inoxidable tipo 302 con una frecuencia de 450 kc/seg.

G = 7,310³ ohmios mm^2/cm .

u = 1

diámetro de la barra 20 mm.

$$d = 5034 \sqrt{\frac{7,3}{103\ 450 \times 10^3}} = 0,5034 \sqrt{\frac{7,3}{4,5}} = 0,68 \text{ cm.}$$

Como se observa, la profundidad de conducción de varios miles de amperios es realmente ínfima, y por lo tanto el calentamiento es extremadamente rápido.

Observando la fórmula podemos concluir:

A menor frecuencia más profundo es el calentamiento, por lo tanto si vamos a emplear este proceso para forja o fusión debemos trabajar a baja frecuencia y es así que los equipos para estas operaciones trabajan a 50 ciclos.

Para soldaduras de tubos empleamos frecuencias altas por el hueco que presentan las uniones.

Asimismo podemos deducir que la profundidad de calentamiento de los metales menos conductores de corriente será mayor que en los conductores (cobre, aluminio) como la resistencia eléctrica aumenta con la temperatura, resulta aún más rápido el calentamiento.

Si llamamos corrientes parásitos a la parte de la misma que pasa por el centro, se observa que el efecto pelicular es más pronunciado con alta frecuencia.

Como utilizamos en este proceso la misma pieza como resistencia se entiende que el rendimiento es muy superior a cualquier otro proceso, sobre todo en aplicaciones de fusión.

El uso práctico de este proceso varía según las condiciones de las piezas a calentar y soldar.

Generalmente se sujetan las piezas a unir una contra la otra con el metal de aporte y fundente cortado según la forma de la unión. Este conjunto se enrolla con una o dos vueltas de tubo de cobre de 1/4" diámetro. Este tubo es conectado al equipo tanto para las conexiones a la corriente como a la tubería de refrigeración. Este tubo no se calienta durante la operación debido a la refrigeración del agua que circula en su interior.

La separación entre bobina y pieza es generalmente de 1/8" para evitar corto-circuitos. No hay peligro para el personal por el escaso voltaje de la bobina. Lo que es muy importante es que las piezas calentadas no se oxidan, debido a la extrema rapidez del proceso.

La aplicación más importante de este proceso se encuentra en la fabricación de tubos para la soldadura longitudinal a tope de éstos.

En esta aplicación la bobina rodea el tubo que se desplaza por el mismo con una velocidad entre 150 y 1500 cm/min., utilizando frecuencias de 250 a 450 velociclos/seg. y potencias entre 50 a 600 KW.

4.3.8. Soldadura por LASER.

La radiación electromagnética es una forma de energía y el principio de rayos laser consiste en concentrar esta forma de energía en un punto para su utilización en la soldadura.

LASER viene de la descripción inglesa de "Light Amplification by Stimulated Electromagnetic Radiation"= amplificación de la luz por radiación electromagnética estimulada.

La parte más importante de un laser adecuado para soldadura o corte la constituye un cristal transparente, el cual en los lasers de alta potencia es un rubí (óxido de aluminio) que ha sido contaminado con unos pocos billones de átomos de cromo. Un tubo lleno de xenón de forma helicoidal se coloca envolviendo el cristal. Una descarga eléctrica dentro del gas del tubo hace disparar el laser.

La capacidad del laser está hasta ahora limitada por la capacidad del tubo de xenón (hasta 10.000 W) lo que implica que los lasers con impulsor de rubí alcanzan a 1500 Joules. Esto es evidentemente una limitación de los lasers empleados en soldadura, además de otros problemas que se presentan.

La duración de los impulsos del laser tienen que ser rigurosamente controlados, a milésimas de segundo para que la radiación no perfora o destruya el metal a soldar.

El brillo de los metales sobre todo los altamente reflectantes, reflejan parte de la energía emitida por el laser, fenómeno que se aumenta ya que los metales deben estar bien limpios antes de soldar.

La mayor limitación de los equipos de laser para soldadura consiste en el hecho que producen más calor en el equipo que en la zona de trabajo, por lo cual apenas el 1 al 2% de la potencia suministrada se transfiere a la zona del trabajo.

4.3.9. Soldadura por haz electrónico.

Un haz electrónico consiste en una corriente controlada de electrones acelerados a través del vacío impulsados por un voltaje acelerador.

Los electrones salen del cátodo y son atraídos por un ánodo positivo, acelerando continuamente para alcanzar su máxima velocidad en el momento del impacto sobre el ánodo.

Este impacto produce un calor considerable si el voltaje acelerador es del orden de muchos miles de voltios. Si reemplazamos el ánodo por las piezas de trabajo podemos utilizar el calor, generado por el impacto de los electrones para soldar o cortar la pieza.

Las soldaduras por haz electrónico se realizan generalmente en vacío ya que de realizarlo la atmósfera gaseosa, la energía del haz se puede disipar por los choques de los electrones con las moléculas gaseosas.

Debido a que en estas condiciones no existe ni protección gaseosa, ni material de aporte, ni electrodo, se obtiene una soldadura sin contaminación.

Por esto, se requiere un alto vacío (10⁻⁴ mm de columna de mercurio), lo que limita y encarece el proceso.

En las soldaduras a tope por haz electrónico, como no se utiliza metal de aporte, la preparación consiste únicamente en una mecanización de los bordes con el fin de dejarlos planos y escuadrados.

Este método no tolera mordeduras o mal acabado de los bordes, ya que el haz electrónico pasa entre los bordes de los dos metales.

Con este proceso se pueden soldar y cortar toda clase de materiales hasta cortar diamantes regulando el voltaje acelerador.

El gran limitante del proceso es el alto vacío que requiere su operación y la ebullición que presentan algunos metales muy volátiles debido al alto grado de vacío.

No obstante se considera la soldadura por haces electrónicos como el método ideal de soldadura.

Las distorsiones y las contracciones son mínimas y las zonas de soldadura y la afectada por el calor, muy pequeña.

Este proceso aún no es de mucha aplicación en la industria por el alto costo del equipo (los más pequeños cuestan aproximadamente 75.000 dólares).

4.3.10. Soldadura por ultrasonidos.

En la soldadura por ultrasonidos se utilizan frecuencias comprendidas entre 1000 y 100.000 ciclos/seg.

El transductor que dispara la onda acústica contra la costura de la soldadura puede ser pieza eléctrica o magnetoestrictivo. Alrededor del 15 a 30% de la energía acústica es recibida por la zona de la soldadura. La vibración acústica crea un efecto de fricción, el cual une los metales en una soldadura solapada con una elevación de temperatura mínima. El intervalo de potencias suministradas va desde algunos voltios a 8 KW.

El máximo espesor de las planchas que se pueden soldar por ultrasonidos es de 2,5 mm. en metales ligeros, disminuyendo aún para metales más pesados.

5. Fallas y Control de soldaduras.

5.1. Fallas o defectos.

a. Metal pegado: Cuando el metal de aporte no se ha mezclado con el metal de base. Esto produce una falta de resistencia mecánica, imposible de corregir, y se debe a la baja intensidad, a una velocidad demasiado alta de avance o a un arco demasiado largo.

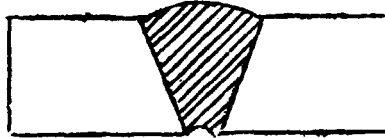
b. Falta de penetración: Esto ocurre cuando el cordón no llega al dorso de la pieza, o cuando dos cordones opuestos no se sueldan entre sí. Sus causas además de las nombradas anteriormente son bordes mal preparados o demasiado juntos.

c. Sopladuras: Poros en el interior del cordón causados por la inclusión de gases, debidos a electrodos no adecuados o en mal estado.

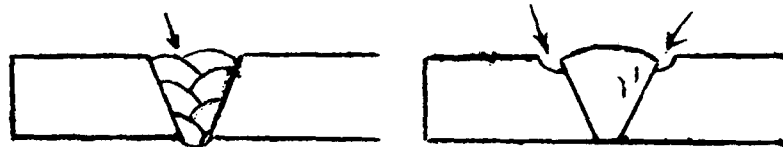
d. Inclusiones de escoria: Por inestabilidad del arco, mala posición o movimiento del electrodo, muchas veces la escoria líquida no puede subir a la superficie del cordón, quedándose atrapada en el interior del metal, ocasionando huecos o poros.

e. Surcos: Cuando el cordón no cubre perfectamente el borde del metal o el cordón anterior, debido a la mala posición del electrodo, electrodo mal elegido o polaridad inversa.

b. Falta de penetración: (Fig).



e. Surcos: (Fig).



5.2. Métodos de inspección.

a. Exámen Macrográfico: Se efectúa cortando una sección del cordón, puliendo y atacando con Nital al 2% para hacer resaltar la mezcla del metal de base con el de aporte y descubrir poros o grietas.

b. Exámen Micrográfico: Igual al anterior, pero se observa a través de un microscopio para detallar el cambio de estructura en el metal de base.

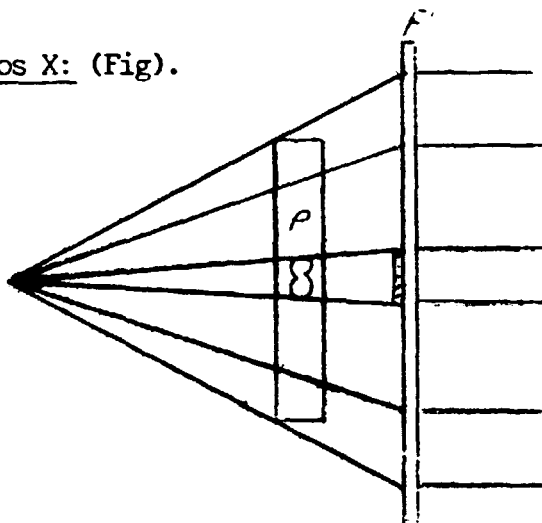
c. Exámen eléctrico: De muy poco uso, midiendo la diferencia de intensidad de una corriente eléctrica que pasa a través de una sección del metal de base y una sección de igual medida del cordón.

d. Exámen magnético: Se coloca la pieza soldada entre dos polos magnéticos, creando dentro de la pieza un campo magnético, cuyas líneas de fuerzas están repartidas uniformemente, haciéndolas resaltar a través de limaduras de hierro esparcidas sobre la pieza. Cualquier defectos en el cordón hace desviar las líneas de fuerzas magnéticas, lo cual permite que sea evidenciado a través de las líneas formadas por las limaduras.

e. Rayos X: Sabemos que los rayos X atraviesan todos los materiales en menor o mayor grado según su densidad, su espesor y su naturaleza.

El equipo de radiografía utilizado para el exámen de soldaduras consta de una fuente de rayos X y un sistema de fotografía.

e. Rayos X: (Fig).



Si ponemos la pieza a examinar en el haz de Rayos X, estos serán absorbidos en parte y la otra parte atraviesan la misma pieza y van a incidir en la placa fotográfica.

Si la pieza es completamente homogénea la placa fotográfica será atacada en todas sus partes con la misma intensidad, pero si los rayos X atraviesan una zona donde hay defectos tales como inclusiones de gas o escoria, poros, grietas, faltas de penetración, etc., serán menos absorbidas y van a atacar la placa fotográfica en mayor grado. Una vez revelada la placa se observan todas estas fallas.

f. Rayos Gamma: Como los rayos X son limitados en su uso, ya que tratándose de metales muy rara vez atraviesan espesores mayores de 80 ó como máximo 100 mm. Se ha desarrollado la técnica de Rayos Gamma, a base de Isótopos de radio-iridio, radio-cobalto y radio-tantalio.

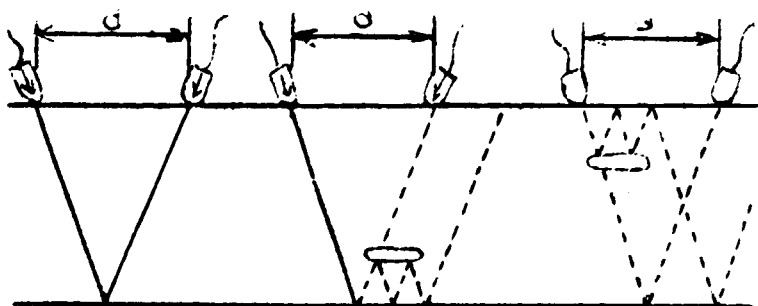
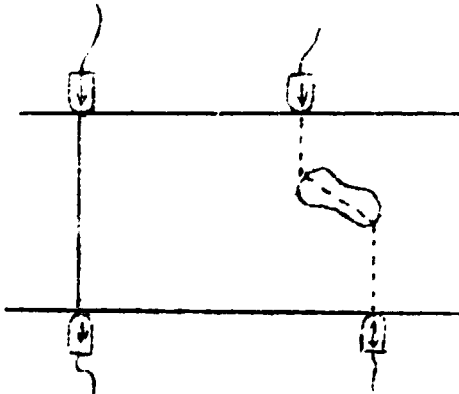
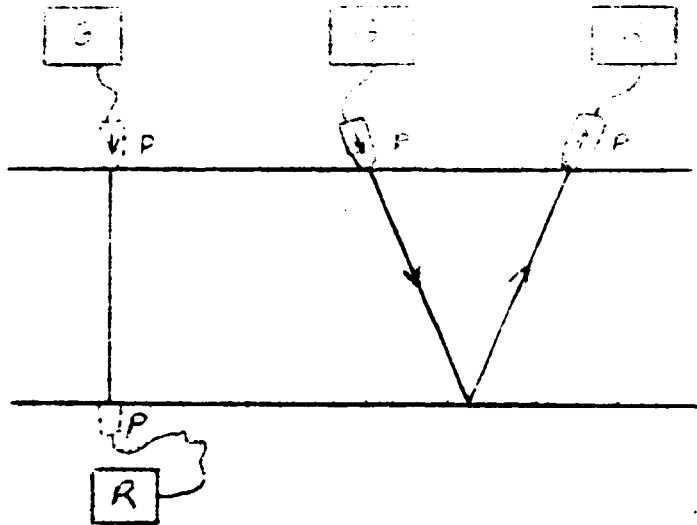
Estos rayos son muchos más sensibles, pueden penetrar en metales hasta 250 mm. de espesor y requieren mucho menos tiempo de exposición.

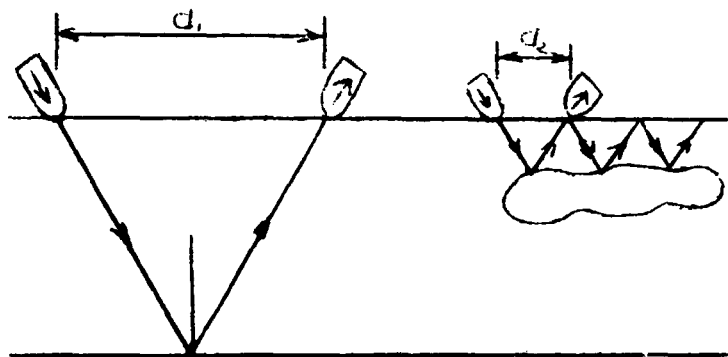
g. Ultrasonido: Un equipo de ultrasonido consiste en dos o más sondas portadoras de los cristales de cuarzo o turmalina conectados al generador de oscilaciones de alta frecuencia y el receptor de éstas.

Se coloca la sonda emisora sobre el metal a examinar y la sonda receptora recoge las vibraciones, las transmite al receptor que nos indica si existen fallas, su tamaño y su localización.

La ubicación de los defectos se obtienen según varios métodos representados en las siguientes figuras.

g. Ultrasonics: (Figs).





6. Pruebas Mecánicas destructivas.

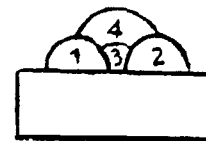
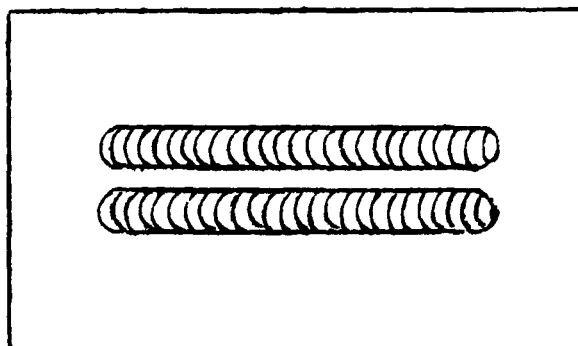
6.1. Cordones de recargue:

Sobre una chapa de 10 mm. de espesor y de 80 x 200 mm. se depositan los cordones según indica la figura con las siguientes precauciones.

- Limpiar la chapa completamente.
- Dejar enfriar la chapa hasta la temperatura ambiente, sin colocarla en el agua o chorro de aire comprimido.
- Efectuar limpieza a fondo de cada cordón.

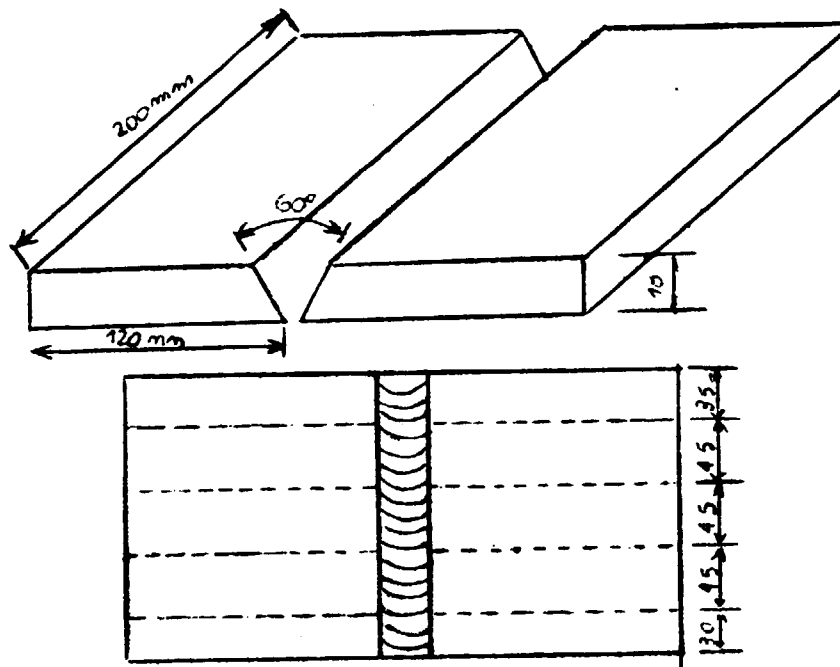
Luego se corta la chapa en varias secciones transversales de aproximadamente 45 mm., se pulen y se hacen los ataques adecuados para macro y/o microscopía.

Se observa la adherencia, la penetración, la interfusión y el cambio de estructura de la zona afectada por el calor.



6.2. Pruebas de soldadura a tope.

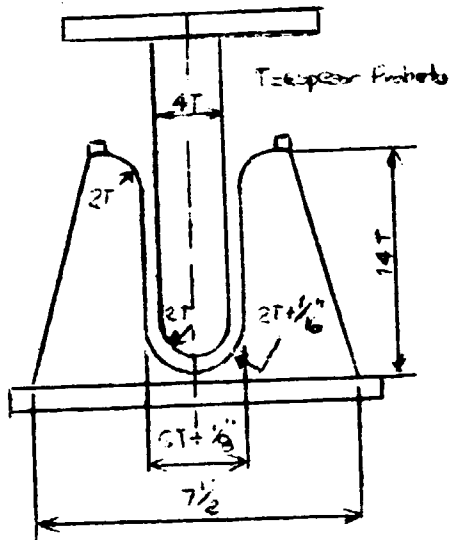
Dos chapas de las medidas que se indican en la figura se sueldan en la siguiente forma:



- Primera pasada o cordón de penetración con electrodo \emptyset 3 mm.
- Otras pasadas o cordones con electrodos \emptyset 4 mm., enfriando y limpiando la pieza entre cada cordón.
- Luego se corta la pieza en tiras según indica la figura y se someten a las siguientes pruebas:

Con las dos tiras finales se hacen las pruebas de 6.1.

Con 1 de las tres centrales se hace la prueba de doblado de raíz, en un doblador especialmente configurado para esto.



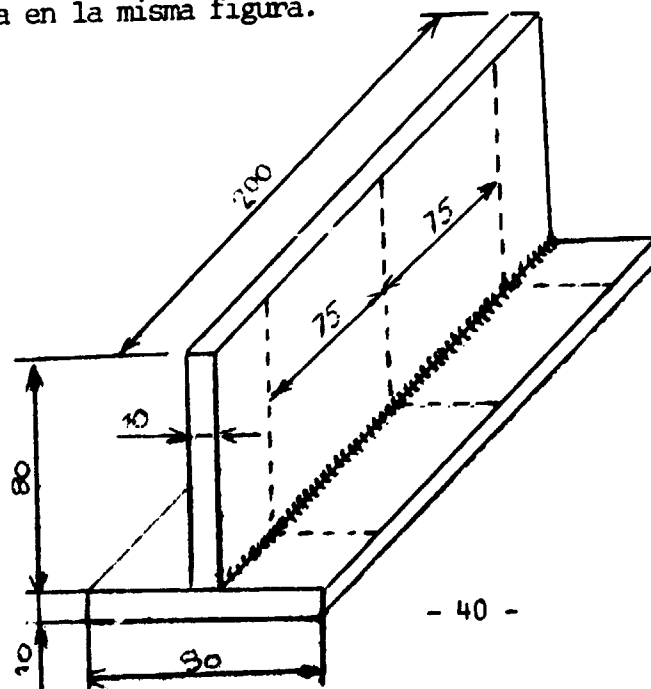
Colocada la pieza con la raíz del cordón hacia la abertura de la matriz hembra, e introduciendo el macho para doblar la probeta en U. El cordón es aceptado si no presenta fisuras u otras discontinuidades mayores de tres milímetros después del doblado.

Se hace lo mismo con la 2º probeta, pero doblándola al revés o sea con la raíz hacia arriba y se aplica el mismo criterio.

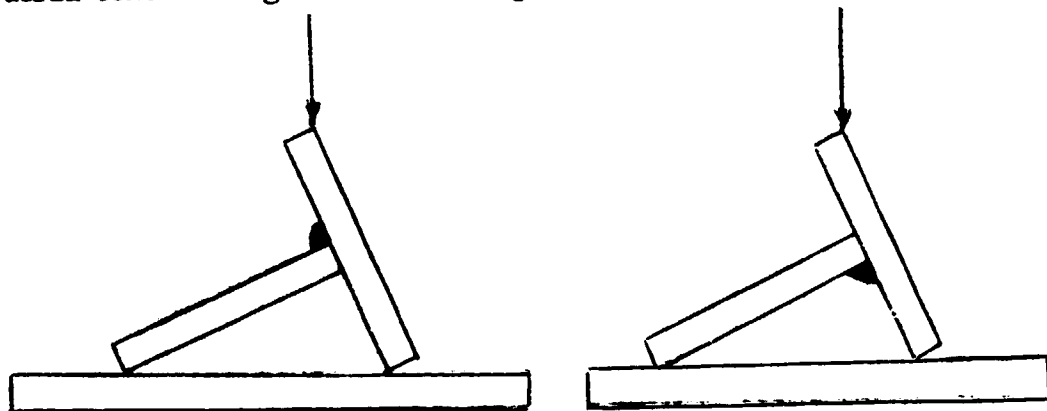
Con la tercera de las probetas se confecciona una probeta de tracción para ejecutar este ensayo.

6.3. Prueba de soldadura en esquina.

Se suelda una muestra según la figura y se cortan las probetas como se indica en la misma figura.



Con las probetas centrales se hace una prueba de doblado, aplicando una fuerza continua según indica la figura.



Con las dos probetas finales se hacen macrografías y se observa penetración e interfusión.

Cuadro sinóptico de los principales procedimientos de soldadura aplicables a los aceros inoxidables.

Elementos a unir	Procedimientos	Condiciones de ejecución 1		Resultados		Alto Rendimiento
		Auto-mática	Realizable en obra	Soldadura estanca.	Sin fin necesario?	
Chapas muy delgadas (e < 0,5mm)	TIG	+		+	+	
	Arco concentrado.	+		+	+	
	Soplete		+	+		
	Haz de electrones			+	+	+
	Resistencia/roldana	+		+	+	+
	Resistencia/puntos	+	(+)		+	
Chapas delgadas (0,5 < e < 3 mm).	TIG	+		+	+	+
	Arco concentrado	+		+	+	+
	Arco sumergido	+		+		
	Electrodos revestidos(1 mm)		+	+		
	MIG con arco pulsado	+		+		
	Soplete		+	+		
	Haz de electrones			+	+	
	Resistencia/roldana	+		+	+	+
	Resistencia/puntos	+	(+)		+	+
	Resistencia/resaltes	+			+	+

(continuación) (1)

Chapas medias (3 < e ≤ 7 mm)	MIG MIG con arco pulsado	+	+	+		+
	Electrodos revestidos		+	+		
	Arco sumergido	+		+		+
	Arco concentrado	+		+	+	+
	Haz de electro- nes			+	+	
	Resistencia/ Puntos	+	(+)		+	
	Resistencia/ roldana	+		+	+	
	Resistencia/re- salte	+			+	
	Chapas gruesas (e > 7 mm)	MIG		+	+	
Electrodos re- vestidos			+	+		
Arco concentrado		+		+		
Arco sumergido		+	+	+	(+)	+
Haz de electrones				+		
Soldadura eléc- trica bajo esco- ria.		+	+	+		+
Tubos (sol- dados a lo largo de una generatriz): Tubos delga- dos. Tubos de es- pesor medio y grueso	TIG	+		+		+
	Inducción	+		+	+	+
	MIG	+		+		+
	Resistencia	+		+		

(continuación (2))

Tubos: soldadura a tope					
Tubos del- gados:	TIG				
	Chispeo	+	+	+	+
Tubos de es- pesor medio y grueso					
	Chispeo	+		+	+
	Resistencia	+	+	+	
	percusión			+	
Barras a tope.					
	Resistencia	+	+	+	
	Chispeo	+	+	+	
Alambres a to- pe.					
	Chispeo	+			+
Alambres cruzados	Resaltes	+		+	+

1 Indicamos si el procedimiento es actualmente susceptible de ser aplicado con automática y si es realizable no sólo en taller sino también en obra.

2 En general.

I. Soldadura por puntos del acero normal y galvanizado bajo en carbono.

Espesor mm.	Diámetro punta mm.	Esfuerzo electrodo		Ciclos soldeo		Corriente (A)		Diámetro zona fusión mm.	Mínima distancia entre puntos mm.
		Normal kg.	Galvanizado kg.	Nor- mal	Galva- nizado	Nor- mal	Galva- nizado		
0,53	9,6	136	180	6	9	6500	10000	3,3	9,6
0,81	9,6	180	270	8	12	8000	12000	4,0	12,8
1,02	12,8	225	320	10	14	9000	14000	4,5	19,2
1,52	12,8	360	454	14	18	12000	17000	6,4	25,4
2,00	16,0	500	600	17	24	14000	19000	7,0	31,8
2,50	16,0	600	725	20	28	15000	23000	7,6	38,2
2,77	16,0	725		23		17500		8,0	41,4
3,20	22,4	815		26		19000		8,4	44,6

I

II. Soldadura por puntos de acero inoxidable austenítico

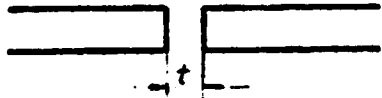
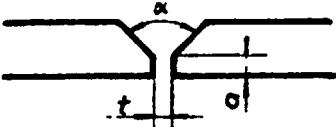
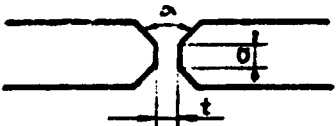

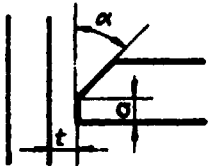
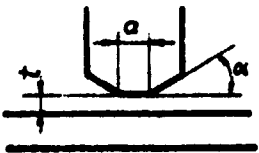
Espesor mm.	Diámetro punta mm.	Esfuerzo electrodo Kg.	Ciclos de soldeo	Corriente (A)	Diámetro de la lenteja mm.	Mínima distancia en- tre punto mm!
0,53	6,4	180	4	3000	2,54	8,0
0,81	9,6	300	5	4800	3,30	12,8
1,02	9,6	400	6	6200	4,00	16,0
1,52	12,8	680	10	9000	5,00	25,4
2,00	16,0	800	14	11000	6,80	31,8
2,40	16,0	1100	16	12500	7,00	35,0
2,77	19,2	1280	18	14000	7,00	38,2
3,20	19,2	1450	20	15500	7,60	50,8

III. Soldadura por puntos de aleaciones de aluminio

(Aluminum Company of Canada)

Espesor mm.	Diámetro punta mm.	Esfuerzo Electrodo kg.	Corriente comienzo soldad.	Corriente soldad.	Ciclos de soldeo			Diámetro zona fusión. mm.
					Asc. Sold.	Descan.		
0,50	16,0	160	12.000	25.000	2	3	12	3,0
0,82	16,0	225	14.000	35.000	3	4	15	4,0
1,02	16,0	270	14.000	40.000	4	5	15	4,5
1,62	16,0	340	15.000	42.000	6	6	16	6,3
2,00	22,4	390	15.000	45.000	7	10	20	7,6
2,50	22,4	480	17.000	60.000	10	14	22	9,0

III

FORMA JUNTA	ESPESOR	t	a	α°
	< 5	0-2	—	—
	5-12	1,5-2	2-3	60°
	12-30	1-3	1,5-2,5	60°
	< 5	0-1	—	—
	5-12	1,5-2	2-3	30°
	12-30	1,5-2,5	3-6	45°

1.5. DIFUSION TECNOLÓGICA

with

09637

2. DOCUMENTOS TÉCNICOS

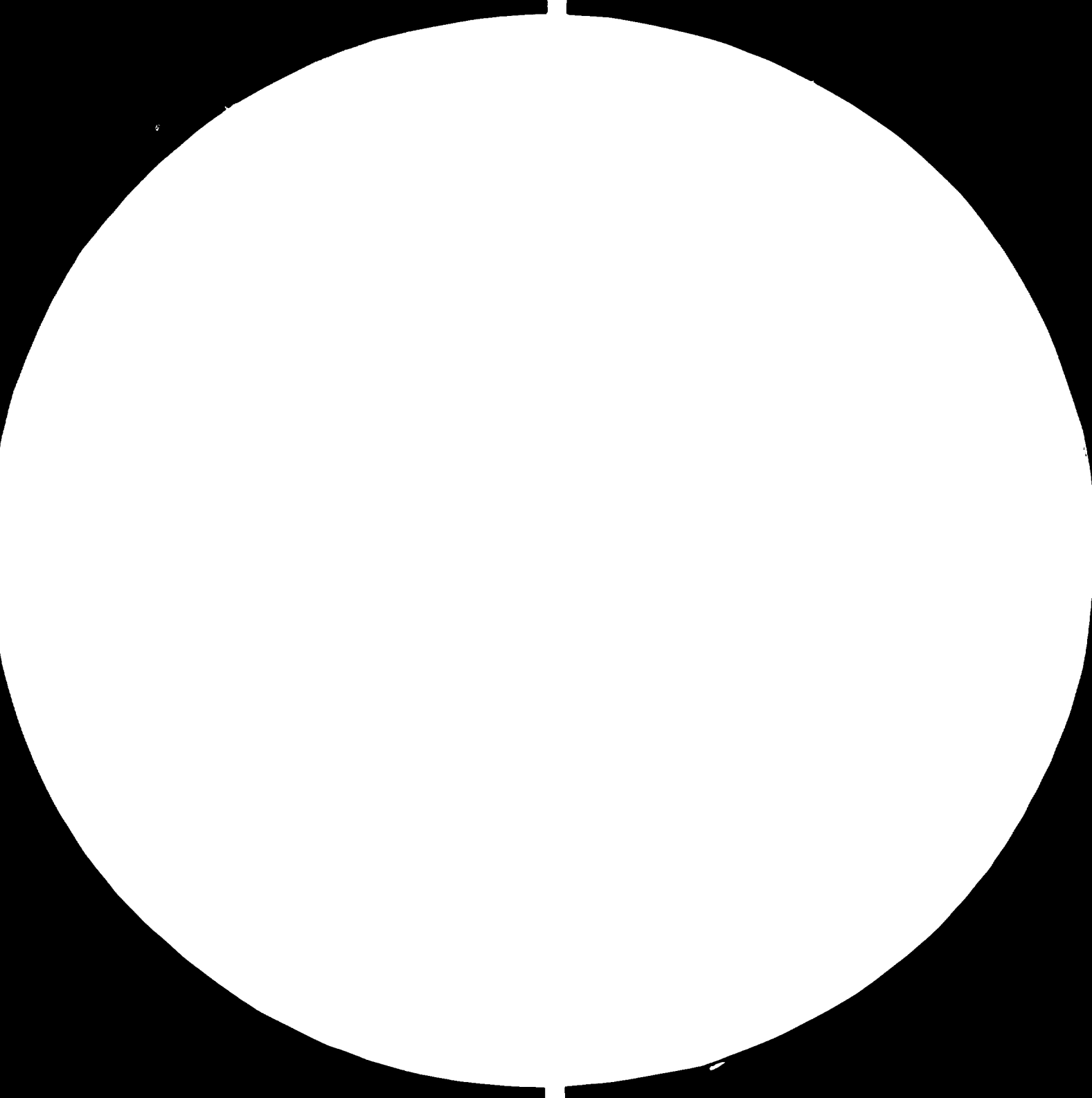
2.1. SOLDADURA

- SO 1. Corte por arco plasma
- SO 2. Defectos en soldadura MIG-MAG
- SO 3. Efectos de los parámetros en soldadura con electrodos revestidos
- SO 4. Normas de electrodos
- SO 5. Control de cordones de soldadura
- SO 6. Fallas y preparación de juntas con electrodos revestidos
- SO 7. Arco sumergido
- SO 8. Métodos de inspección
- SO 9. Pruebas mecánicas
- SO 10. Soldadura por inducción
- SO 11. Selección de equipos
- SO 12. Ensayos mecánicos
- SO 13. Soldadura por resistencia
- SO 14. Procesos especiales
- SO 15. Soldadura por arco de hierro fundido
- SO 16. Soplado del arco
- SO 17. Soldadura de aleaciones duras
- SO 18. Parámetros de arco sumergido
- SO 19. Soldadura TIG
- SO 20. Influencia de los elementos de aleación
- SO 21. Métodos de soldadura para acero inoxidable
- SO 22. Almacenaje y reacondicionamiento de electrodos
- SO 23. Soldadura de aceros plaqueados
- SO 24. Aportes para aceros inoxidables

2.2. PROCESOS MECÁNICOS

- PM 1. Parámetros de trabajos en torno
- PM 2. Torneado de conos







MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART

NATIONAL BUREAU OF STANDARDS-1963-A

2.3. MAQUINAS-HERRAMIENTAS

HE 1. Nomenclatura de piedras esmeriles

HE 2. Selección de piedras

HE 3. Montaje y manejo de piedras esmeriles

CORTE POR ARCO-PLASMA1.- Arco-plasma.-

El arco plasma se ha desarrollado mucho en el campo de corte y achaflamado. Antes se utilizaba el equipo con electrodo de tungsteno con gas protector de soldadura para cortar, pero este proceso deja una superficie de corte muy rugosa y una hilera de gotas o rebaba en la otra cara de la pieza cortada.

El arco eléctrico ha sido utilizado para cortar metales desde algunos años, p.e. en el proceso "ARCAIR", en el cual se usa un electrodo de carbono y aire comprimido o en el proceso Oxy-Arc que utiliza un electrodo revestido de acero al carbono, en forma de tubo, y se hace pasar oxígeno a través de ella.

Estos procesos producen una ranura de corte muy ancha y dejan superficies rugosas e irregulares, además de una rebaba grande de gotas en el lado contrario. En general estos procesos son lentos debido a la gran cantidad de metal que funden.

Con el sistema Arco-Argon se disminuye el diámetro de la boquilla y asimismo del chorro de gas, y el efecto es una ranura de corte mucho menos ancha. Como el electrodo está retraído dentro la boquilla mejora la calidad de la superficie de corte debido a que el angosto chorro del gas aumenta la velocidad considerablemente.

Si se deja el electrodo afuera o a ras con la boquilla, el arco se abre en forma de cono, y el calor se disipa sobre un área relativamente grande que produce un amplio cono de metal fundido, dejando una ancha ranura de corte.

Con el electrodo 1/8" (3 mm.) retraído dentro de la boquilla, el arco recibe una constricción y se convierte en un chorro paralelo. Como consecuencia de esto el calor está concentrado en una pequeña área, resultando el corte mucho más rápido y más limpio.

Sin embargo la retracción del electrodo produce algunos problemas para la estabilidad del área, por esto se debe aplicar voltajes más altos para sostener el arco principal y poner un arco piloto, en el interior de la boquilla.

2.- Corte con Arco-Argón.-

Se localiza el arco de tal modo que la energía está concentrada sobre una pequeña superficie, en donde el calor intenso hace fundir el metal. El gas, precalentado por el arco, se expande y se acelera por el agujero de restricción. El metal fundido es desplazado por la energía cinética del gas, y se forma la ranura del corte. Con un chorro de gas correctamente escogido, se puede proteger las paredes de la ranura de la oxidación.

Con el gas inerte, la operación de corte depende únicamente de la acción de la energía térmica y cinética.

Para aumentar la velocidad de corte, en trabajos de aceros dulces e hierro fundido se pueden usar mezclas de gases de argón y oxígeno, obteniendo así energía química a dicional a la térmica - cinética, que permite más velocidad de avance del corte.

Para iniciar el arco principal se usa un arco piloto de 5 a 10 Amp de alta frecuencia entre el electrodo y la boquilla de restricción, que generalmente están refrigerados por agua, la boquilla está conectada a través de una resistencia al polo positivo de la fuente de poder.

Este arco piloto ioniza el gas y proyecta una llama en el orificio de la boquilla. Conectada la boquilla al polo positivo se puede iniciar la operación de corte y apenas se acerca la boquilla al metal se transfiere el arco principal al metal.

Un escudo o chorro de gas secundario provee al metal fundido de una protección / extra y ayuda a estabilizar la columna de Arco-plasma produciendo un efecto de restricción.

3.- Gases utilizados.-

Oxígeno, libre de nitrógeno es lo que más se usa debido a su bajo costo. También se usan mezclas de argón e hidrógeno o nitrógeno e hidrógeno.

Asimismo se puede utilizar aire comprimido para cortar aceros de bajo contenido de carbono (utilizando electrodo de cobre, enfriado por agua)

El gas secundario puede ser variado, pero por lo general se usa CO_2 , por su bajo

precio. La mezcla Argón-hidrógeno da mejores resultados pero es mucho más caro que el CO_2 .

4. Efectos Metalúrgicos.-

Este proceso de corte tiene muy poco efecto sobre las propiedades físicas y metalúrgicas de las piezas a causa de su alta velocidad de corte y calentamiento local.

La profundidad del efecto del calentamiento depende del espesor y del tipo de metal y de la velocidad de corte, pero muy pocas veces excede de unos milímetros para chapas de 50 mm. de espesor.

Las pérdidas en la superficie de corte, producidas por la contaminación del metal expuesto a la atmósfera a temperatura elevada, están limitadas, a aproximadamente 0,1 mm.

5.- Aplicaciones

El proceso Arco-plasma se puede aplicar a todos los metales y aleaciones. La única condición en que la pieza a cortar sea conductora de energía eléctrica y que su espesor no sobrepase de 150 mm.

Se puede trabajar manual o automáticamente, pero conviene cortar automáticamente por cuestiones económicas.

6.- Condiciones para el corte.-

Los parámetros que determinan las condiciones de corte se deben manejar con mucho cuidado, debido a que un pequeño cambio en ellos produce grandes desviaciones de las condiciones óptimas para un cierto tipo y espesor de material. El parámetro principal es el diámetro de la boquilla, ya que de ésta dependen todos los demás. Por lo tanto listas de parámetros sin definir el diámetro de la boquilla no tienen ningún valor.

Los datos de la tabla siguiente son únicamente una guía y los parámetros deben ser ajustados para obtener las óptimas condiciones de corte durante el trabajo.

7. Datos para acero inoxidable.-

ESPESOR METAL	VELOCIDAD AVANCE CORTE	DIAMETRO BOQUILLA	DIAMETRO ELECTRODO	POTENCIA	GAS	VELOCIDAD DE FLUJO
mm	m/min	mm	mm	KW	Tipo	l/min.
6.35	3,05	3.175	8.0	45	A-H ₂	94.5
6.35	2,28	3.175	8.0	50	N ₂	61.5
12.70	1,27	3.175	8.0	50	A-H ₂	94.5
12.70	1,77	3.175	8.0	50	N ₂	61.5
25.4	1,02	3.97	8.0	60	A-H ₂	94.5
25.4	2,53	4.76	8.0	100	N ₂ -H ₂	90.0
38.1	0,63	3.97	8.0	60	A-H ₂	94.5
38.1	0,63	3.97	8.0	75	N ₂ -H ₂	66.0
50.8	0,45	3.97	8.0	85	A-H ₂	94.5
50.8	0,60	6.35	12.7	140	N ₂ -H ₂	90.0
76.2	0,40	4.76	8.0	90	A-H ₂	94.5
76.2	0,40	6.35	12.7	150	N ₂ -H ₂	90.0
101.6	0,20	4.76	8.0	90	A-H ₂	94.5
101.6	0,20	6.35	12.7	150	N ₂ -H ₂	90.0

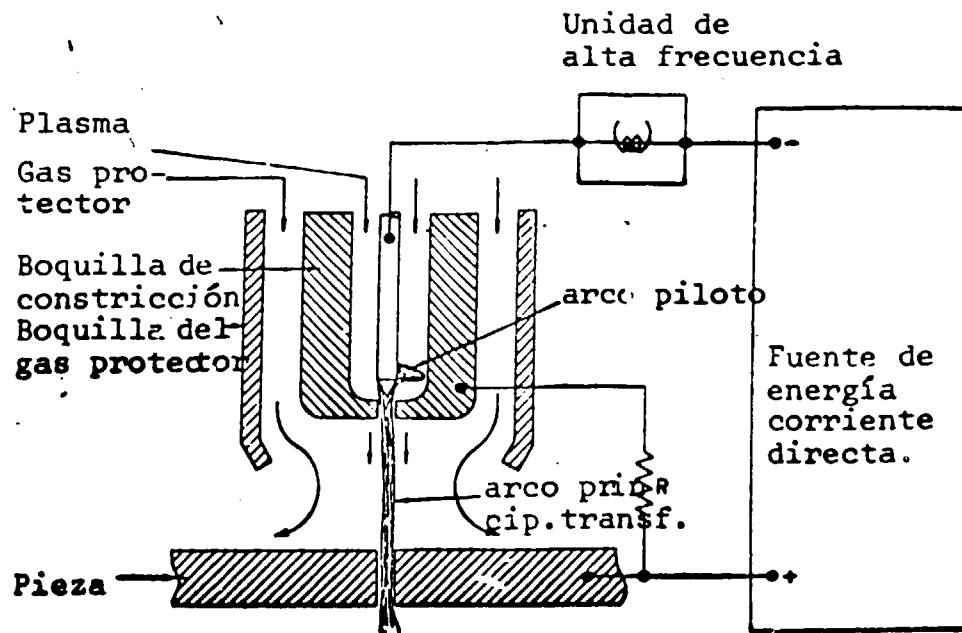


Fig. 1

Defectos en Soldadura MIG.

Sus causas y cómo corregirlas

1. Generalidades

El proceso M.I.G., efectuado en condiciones de soldadura óptimas, técnicas adecuadas y calidades de metales standards, produce un depósito de metal de alta calidad. Sin embargo, como en cualquier proceso se pueden presentar defectos, debidos a la mala ejecución del proceso, que puede ser fácilmente corregida por el operario si conoce sus causas.

Los defectos más comunes en este proceso son: falta de penetración, falta de fusión, porosidad, metal carcomido y agrietamiento longitudinal. Se tratará cada uno de estos aparte.

2. Falta de penetración.

Este defecto se presenta bajo tres formas:

- a) Cuando el cordón no está penetrado en todo el espesor del metal.
- b) Cuando dos cordones opuestos no son interpenetrados.
- c) Cuando un cordón en la esquina no cubre todo el área, formando únicamente un puente entre las dos piezas.

La magnitud de la intensidad de corriente es la que más influye en la penetración, así la falta de penetración se debe generalmente a una intensidad demasiado baja, y se puede corregir aumentando su valor.

Otra causa es falta de velocidad de avance e inadecuado ángulo de la pistola, ambos efectos hacen que el metal fundido se adelante al arco, impidiendo la penetración. El arco debe estar siempre adelante del metal fundido en el sentido del avance.

3. Falta de fusión

Este defecto aparece cuando no hay fusión completa entre el metal de aporte y el metal de base, o sea cuando el metal de aporte no está adherido al metal de base.

La causa más común de este defecto es una mala técnica de soldadura, que consiste en soldar un cordón demasiado ancho, que hace que el metal fundido se adelante al arco, dejando gotas de metal en el camino del área. Estas gotas se enfrían y se oxidan, y después cuando pasa el arco no se vuelven a fundir y además, como

el óxido es insoluble en el hierro, las gotas quedan incluidas en el cordón, sin ser fundidas.

Otras causas que provocan este defecto son un voltaje de trabajo demasiado bajo, óxido y suciedad del metal de base.

4. Metal carcomido

Metal carcomido es el defecto que aparece como una ranura a los lados del cordón.

La causa más común de este defecto son parámetros inadecuados de la soldadura, en especial el avance de la soldadura y el voltaje del arco.

Si se suelda con un avance demasiado rápido, el cordón se va a solidificar demasiado rápido y la tensión superficial de metal líquido va a pillar el metal en el centro, dejando un surco en la unión del cordón y el metal de base.

Si el carcomido se presenta alternativamente, parte sí, parte no, se debe a un bajo voltaje de arco y/o a un ángulo de boquilla defectuoso.

5. Porosidad

Los poros aparecen como inclusiones de gas en el metal fundido del cordón. Pueden ser superficiales o en cualquier parte de cordón.

Las causas más comunes de porosidad son: contaminación atmosférica, metal de base oxidado, electrodo oxidado.

La contaminación atmosférica puede ser producida por:

- 1) Flujo de gas inadecuado.
- 2) Exceso de gas que provoca aspiración de aire y se mezcla con el gas.
- 3) Daños en el sistema de gas o en la boquilla.
- 4) Viento excesivo.

Además en zonas de climas húmedos el exceso de humedad puede causar porosidad. También la condensación en las boquillas refrigeradas por agua.

Si existe demasiada turbulencia en el metal fundido, por voltaje inadecuado y fluctuaciones en el avance del alambre, esto puede ser causa de porosidad.

6. Agrietamiento longitudinal

De este defecto existen dos tipos:

Agrietamiento en caliente

Agrietamiento en frío.

El agrietamiento en caliente ocurre siempre por el uso de metal de aporte no adecuado, sobre todo cuando se rueda acero al carbono y aleaciones de aluminio.

Además técnicas de soldaduras, que producen un cordón excesivamente cóncavo producen este defecto.

El agrietamiento en frío ocurre cuando se termina mal el cordón formando un cráter en su final.

Tabla comparativa de fallas

Defecto	Causa y/o Corrección
Porosidad	<ul style="list-style-type: none"> - Aceite, óxido, suciedad, etc. sobre el material de base. - Alambre inadecuado - Problemas de gas: viento, boquilla demasiado pequeña o tapada, exceso de gas, etc. - Falta de limpieza del cordón anterior.
Falta de Penetración	<ul style="list-style-type: none"> - Piezas demasiado juntas. - Intensidad de corriente baja - Arco demasiado largo. - Metal fundido adelantado al arco.

Falta de fusión

- Intensidad de corriente y/o voltaje demasiado bajos.
- Polaridad invertida.
- Baja velocidad de avance de soldadura
- Cordón demasiado convexo
- Exceso de óxido en metal de base

Metal Carcomido

- Alta velocidad de avance de soldadura.
- Altos voltajes de arco e intensidad de corriente.

Agrietamiento

- Metal de aporte inadecuado.
- Cordón angosto
- Mala calidad del metal de base

Arco inestable

- Controlar sistema de gas.
- Controlar sistema de alimentación del metal de aporte.

Dificultad de iniciación del arco

- Voltaje demasiado bajo.
- Boquilla muy retirada.
- Existencia de suciedad u óxido en metal de base.

Exceso de salpicaduras

- Cambiar el CO_2 por una mezcla de Argón CO_2 o Argón-Oxígeno
- Aumento del voltaje del arco y de la intensidad de corriente

TABLA N° 11

AJUSTES EN PARAMETROS Y TECNICAS DE SOLDADURA

PARAMETROS DE SOLDADURA A CAMBIAR	CAMBIOS DESEADOS							
	PENETRACION		REG. DE DEPOSICION		ALTURA CORDON		ANCHO CORDON	
	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓
CORRIENTE Y VELOCIDAD DE AVANCE DE ALAMBRE	↑	↓	↑	↓	↑	↓	*	*
VOLTAJE	+	+	*	*	*	*	↓	↑
VELOCIDAD DE AVANCE DEL ARCO	+	+	*	*	↓	↑	↑	↓
LONGITUD LIBRE DE ALAMBRE	↓	↑	↑	↓	↑	↓	↑	↓
DIAMETRO ALAMBRE	↓	↑	*	*	*	*	*	*
GAS PROTECTOR % CO ₂	↑	↓	*	*	*	+	↑	↓
ANGULO DE LA TORCHA	IZQUIERDA A DERECHA A 25°	DERECHA A IZQUIERDA	*	*	*	*	IZQUIERDA A DERECHA	DERECHA A IZQUIERDA

* SIN EFECTO

↑ AUMENTO ↓ DISMINUCION

+ PEQUEÑO EFECTO

Efecto del amperaje y voltaje en los cordones de soldadura con electrodo revestido.

1 - Amperaje mayor que el óptimo

- El arco produce muchas salpicaduras.
- El cordón se ensancha y se aplana.
- Se produce un cráter profundo al interrumpir el cordón.
- Se produce una penetración profunda.
- Se sobrecalienta el electrodo.

2 - Amperaje menor que el óptimo

- Se dificulta el control de la escoria fundida.
- El metal de aporte se apila.
- No se llena el chaflán.
- La penetración es insuficiente.
- El arco se vuelve inestable.

3 - Voltaje mayor que el óptimo.

- El depósito de metal de aporte es irregular y muy aplanado.
- El arco es inestable y cambia constantemente de posición.
- Se produce porosidad y salpicaduras.

4 - Voltaje menor que el óptimo

- El metal de aporte se apila en forma irregular.
- El arco se apaga
- Muy poca penetración.

5 - Velocidad de avance excesiva

- Cordón muy delgado.
- Metal de base carcomido.

6 - Velocidad de avance lenta.

- Cordón ancho y grueso.
- Se dificulta el control de la escoria fundida

7 - Condiciones óptimas

- Depósito del metal de aporte liso y parejo.
- Arco estable.
- Escoria fácil de controlar.
- Ausencia de salpicaduras.

NORMAS DE ELECTRODOS1 - Electroodos revestidos

Un electrodo revestido consiste en dos partes:

- Alma de metal.
- Revestimiento de fundente.

El alma de metal de electrodos para soldar aceros suaves, produce solda duras con propiedades físicas superiores a las de los metales base.

Para el revestimiento se utilizan diferentes composiciones según el uso del electrodo, pero en general las misiones del revestimientos son las siguientes:

a - Hacer el papel de fundente, formando óxidos más fusibles y ligeros que suban a la superficie en forma de escoria de fácil desprendimiento.

b - Proteger el metal fundido durante su desplazamiento y en el baño de fusión, evitando su oxidación y nitruración por el oxígeno y nitrógeno del aire.

c - Aumentar la ionización del aire, estabilizando el arco y disminuyendo los efectos del soplo magnético.

d - Formar con el metal base aleaciones de determinadas características.

e - Formar un copo en la punta del electrodo, para que el chorro de metal fundido sea mejor dirigido.

2 - Clasificación2.a. Según norma IRAM 601

La norma IRAM 601 designará colocando sucesivamente las indicaciones siguientes:

1 - Las dos letras que corresponden al tipo de revestimiento, indicado en la tabla I. Cuando se trate de electrodos de penetración profunda o de alto o bajo contenido de polvo de hierro, si se los puede clasificar dentro de los tipos fundamentales indicados en la tabla I, las letras que caracterizan dichos tipos son precedidas por AP, y Fe (A) y Fe (B), respectivamente.

2 - Los números que indiquen, de acuerdo con las tablas II, III y IV, las características mecánicas del metal depositado.

3 - Una cantidad de dos números, separados por una barra de la anterior y el primer número indicará, de acuerdo con la tabla V, las características operatorias y el segundo número, de acuerdo con la tabla VI, la característica de corriente.

4 - La letra R1 ó R2, en el caso que el electrodo tenga requerimientos radiográficos de acuerdo al grado 1 ó al grado 2.

5 - La letra H, en el caso que se exija la determinación de hidrógeno.

TABLA 1TIPO DE REVESTIMIENTO

Tipo de revestimiento	Designación
Acido	Ac
Oxidante	Ox
Rutílico	Ru
Celulósico	Ce
Básico	Ba

TABLA IIRESISTENCIA A LA TRACCION

Nº	Resistencia mínima a la tracción (daN/mm ²)
1	42
2	49
3	56

TABLA IIIALARGAMIENTO

Nº	Alargamiento mínimo (L = 5 d) %
1	16
2	22
3	24

TABLA IV

RESISTENCIA A LA FLEXION POR IMPACTO EN PROBETA ENTALLADA

Nº	Resistencia mínima a la flexión por impacto	
	(daN/cm ²)	Temperatura (°C)
1	4,8	+ 20
2	4,8	0
3	6,2	- 10
	4,8	- 20

TABLA V

POSICIONES DE SOLDADURA

Nº	POSICION
1	Todas las posiciones
2	Todas las posiciones, excepto la vertical descendente
3	Horizontal y plana
4	Plana

TABLA VI

CARACTERISTICAS DE CORRIENTE

Polaridad del electrodo	NUMERO			Electrodos para corriente continua solamente
	Electrodos para ambas corrientes			
	Tensión mínima de transformador en vacío (V)			
	55	70	esp.	
Buena con ambos polos	1	4	7	0
Mejor con polo negativo	2	5	8	0-
Mejor con polo positivo	3	6	9	0+

Ejemplo: Un electrodo con revestimiento oxidante, resistencia mínima a la tracción 49 daN/mm^2 , alargamiento mínimo 18%, resistencia mínima a la flexión por impacto en probeta entallada, $4,8 \text{ daN/cm}^2$ a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ en cuanto a su material de aporte; que es apto para soldar en todas las posiciones con corriente continua ambas polaridades, o alterna, con tensión mínima de transformador en vacío de 70 V, se designará:

C x 211/14

CLASIFICACION

D-2 De acuerdo al sistema de designación establecido en D-1, a los efectos de la aplicación de la norma se tendrán únicamente en cuenta los electrodos que se indican en la tabla siguiente:

2.b Clasificación americana standard AWS/ASTM.

El sistema americano selecciona los electrodos según:

- a - la resistencia mecánica del metal depositado.
- b - la posición de la soldadura.
- c - los parámetros de operación.

La letra E, que precede al símbolo, indica que el electrodo es para arco eléctrico, los dos primeros dígitos o en algunos casos los tres primeros dígitos, indican la resistencia a la rotura en miles de libras por pulgada cuadrada. Los últimos dos dígitos indican la posición y los parámetros de la soldadura.

<u>Dígito</u>	<u>Significación</u>
Primeros dos o tres	Esfuerzo a la rotura en miles de libras por pulgada cuadrada.
Penúltimo dígito	Posición de la soldadura.
Ultimo dígito	Polaridad, tipo de escoria, penetración y contenido de polvo de hierro en el recubrimiento. Tabla VII.

a. Indicaciones del penúltimo dígito

- 1 - Todas las posiciones
- 2 - Horizontal y plano
- 3 - Plano

b. Ultimo dígito

Ejemplos

- a. E 6010 es CC con positivo al electrodo
- E 6020 es CA o CC con polaridad indiferente
- b. E 6010 es orgánico
- E 6020 es mineral
- c. E 6010 es de penetración profunda
- E 6020 es de penetración mediana

TABLA VII

Ultima cifra	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Tipo y polaridad de la corriente	(a)	c.a. ó PICC	c.a. ó c.c.	c.a. ó c.c.	c.a. ó c.c.	PICC	c.a. ó PICC	c.a. ó c.c.	c.a. ó PICC
Revestimiento	(b)	Orgánico	Rutilo	Rutilo	Rutilo	Bajo en H	Bajo en H	Mineral	Bajo en H
Tipo de arco	Fuerte	Fuerte	Medio	Suave	Suave	Medio	Medio	Suave	Medio
Penetración	(c)	Profunda	Media	Ligera	Ligera	Media	Media	Media	Media
Hierro en polvo en el revestimiento	0-10%	Ninguno	0-10%	0-10%	30-50%	Ninguno	Ninguno	50%	30-50%

(a) El electrodo 6010 es para PICC; el 6020 para corriente alterna o continua c.a.* ó c.c.**

(b) El electrodo 6010 lleva revestimiento orgánico; el 6020 revestimiento mineral.

(c) El electrodo 6010 es de penetración profunda, y el 6020 de penetración media.

* Las letras c.a. significan corriente alterna (N. del T.)

** Las letras c.c. significan corriente continua (N. del T.)

EQUIVALENCIA DE ELECTRODOSSegún Normas DIN 1913, AWS/ATS, BRITISH CODE, ISO e IRAM 601

DIN 1913	AWS/ATS	British Code	ISO	IRAM
Ze VII m/244/14	E 6011	E 111P	E 244 C 14	Ce 10/15
Ti VII m/322/12	E 6012	E 216 E 217	E 322 Ti12	Ru 322/12
Ti XII m/522/22	E 7012	E 216	E 522 Ti22	Ru 522/22
Ti XIII m/621/22	E 8012	E 216	E 621 Ti22	Ru 621/22
Ti VIII s/243/22	E 6013	E 316 E 317	E 243 Ti22	Ru 243/22
FeTi VIII/333/45	E 6024	E 236	E 333 Ti45	FeRu 333/45
Kb IX s/345/29	E 6015	E 615	E 345 B 29	Ba 345/29
Kb IX s/345/26	E 6016	E 616	E 345 B 26	Ba 345/26
Kb XII s/445/29	E 7015	E 615	E 445 B 29	Ba 445/29
Fe Kb IX/345/26	E 7028	E 626	E 345 B 26	FeBa 345/26

Normas de clasificación de electrodos1. British Standard

Este sistema usa una letra, tres números y un apéndice.

La letra indica el método de fabricación, el primer número la clase de recubrimiento, el segundo número la posición de soldadura, el tercer número indica los parámetros de Amperaje y Voltaje y el apéndice cualquier característica especial.

a - Letra: método de fabricación

E = Extruído sólido.

R = " con refuerzo

D = inmersión.

b - Primer dígito = Clase de recubrimiento.

1 - Alto contenido de celulosa.

2 - " " de Oxido de Titanio.

(escoria muy viscosa)

3 - Contenido moderado de Oxido de Titanio (escoria fluída)

4 - Alto contenido en óxidos o silicatos o ambos, o hierro y manganeso (escoria espumosa).

5 - Alto contenido en óxido de hierro o silicatos o ambos (escoria muy sólida).

6 - Básico a base de carbonato de calcio o flúor.

9 - Recubrimiento de cualquier clase y tipo no clasificado anteriormente.

c - Segundo dígito: posición de soldadura.

0 = F. H. V.D.O.

1 = F H V O

2 = F H

3 = F

4 = F H F

9 = Sin clasificación.

Símbolos

F = Plano

H = Horizontal en plano vertical.

V = Vertical ascendente

D = Vertical descendente

0 = Sobre cabeza

F H F = Plano en esquina.

d - Tercer dígito

Parámetros de Amperaje y Voltaje

0 = D +

1 = D + A 90

2 = D - A 70

3 = D - A 50

4 = D $\begin{matrix} + \\ - \end{matrix}$ A 70

5 = D $\begin{matrix} + \\ - \end{matrix}$ A 90

6 = D $\begin{matrix} + \\ - \end{matrix}$ A 70

7 = D $\begin{matrix} + \\ - \end{matrix}$ A 50

9 = Sin clasificar

Símbolos

D + = C.C. con electrodo al positivo.

D - = C.C. " " " negativo

D $\begin{matrix} + \\ - \end{matrix}$ = C.C. polaridad indiferente

A 90 = ac. con voltaje de circuito abierto de 90 v.

A 70 = " " " " " " " 70 v.

A 50 = " " " " " " " 50 v.

Control de cordones de Soldadura.-

El objetivo de este informe es entregar al operario de soldadura y a la persona que debe juzgar su calidad un método de control sencillo y sin mayor costo.

Este método no controla el 100% del cordón, pero da una clara idea de la penetración del cordón y de sus medidas.

1. Ejecución de la prueba.

Esta prueba tiene dos finalidades:

- Ajustar los parámetros al trabajo específico a ejecutar.
- Control del trabajo ejecutado.

1.A. Ajuste de parámetro.

Se colocan dos piezas del metal a soldar y del mismo espesor y con la misma preparación de los bordes en la misma posición del trabajo a ejecutar.

Se suelda un cordón de prueba con el mismo procedimiento de trabajo, ajustando los parámetros a saber: intensidad, voltaje, \emptyset electrodo \emptyset y avance del alambre, en caso de soldadura MIG-MAG, longitud de arco, etc.

1.B. Control del Trabajo.

Se colocan a continuación de las piezas a soldar, dos piezas del mismo material en las mismas condiciones y al ejecutar el trabajo se las suelda sin interrumpir el cordón. (Fig. 1)

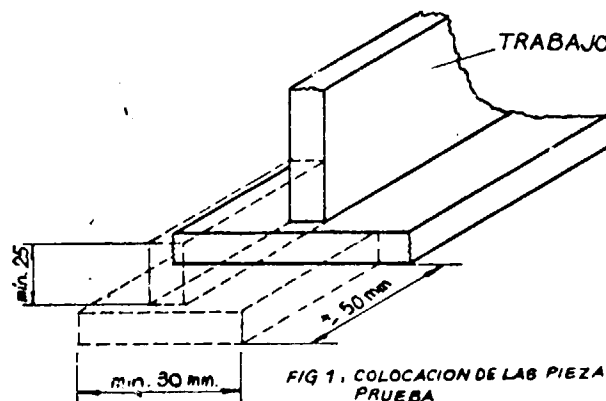
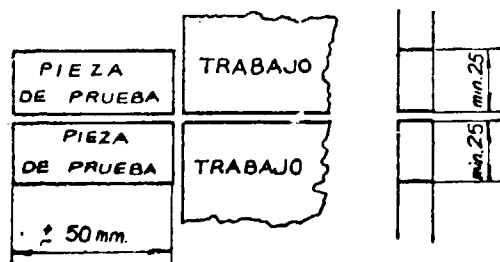


FIG 1. COLOCACION DE LAS PIEZAS DE PRUEBA

2. Preparación de la muestra.

Las piezas de prueba sea de 1A ó de 1B a continuación se cortan a mano o mecánicamente y se amolan hasta obtener una superficie transversal con un acabado superficial razonable. Luego se atacan las superficies a examinar con una solución de Persulfato de amonio y agua por inmersión o con brocha. Se dejan secar las superficies y se las somete a examen visual normal o con ayuda de una Lupa (vidrio de aumento).

3. Fallas a observar.

3.A. Control de penetración.

La muestra tratada según # 2 se observa para:

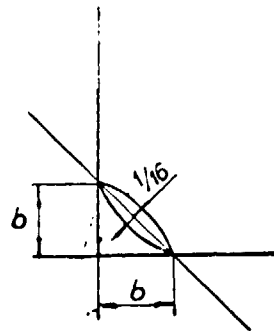
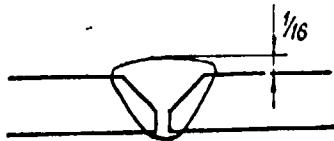
1. Ver la interfusión del metal de aporte con el metal de base.
2. Observar la interfusión de los dos cordones opuestos.

3B. Porosidad.

La parte fundida del metal de base y del metal de aporte deben ser libres de toda porosidad y/o inclusión de escoria.

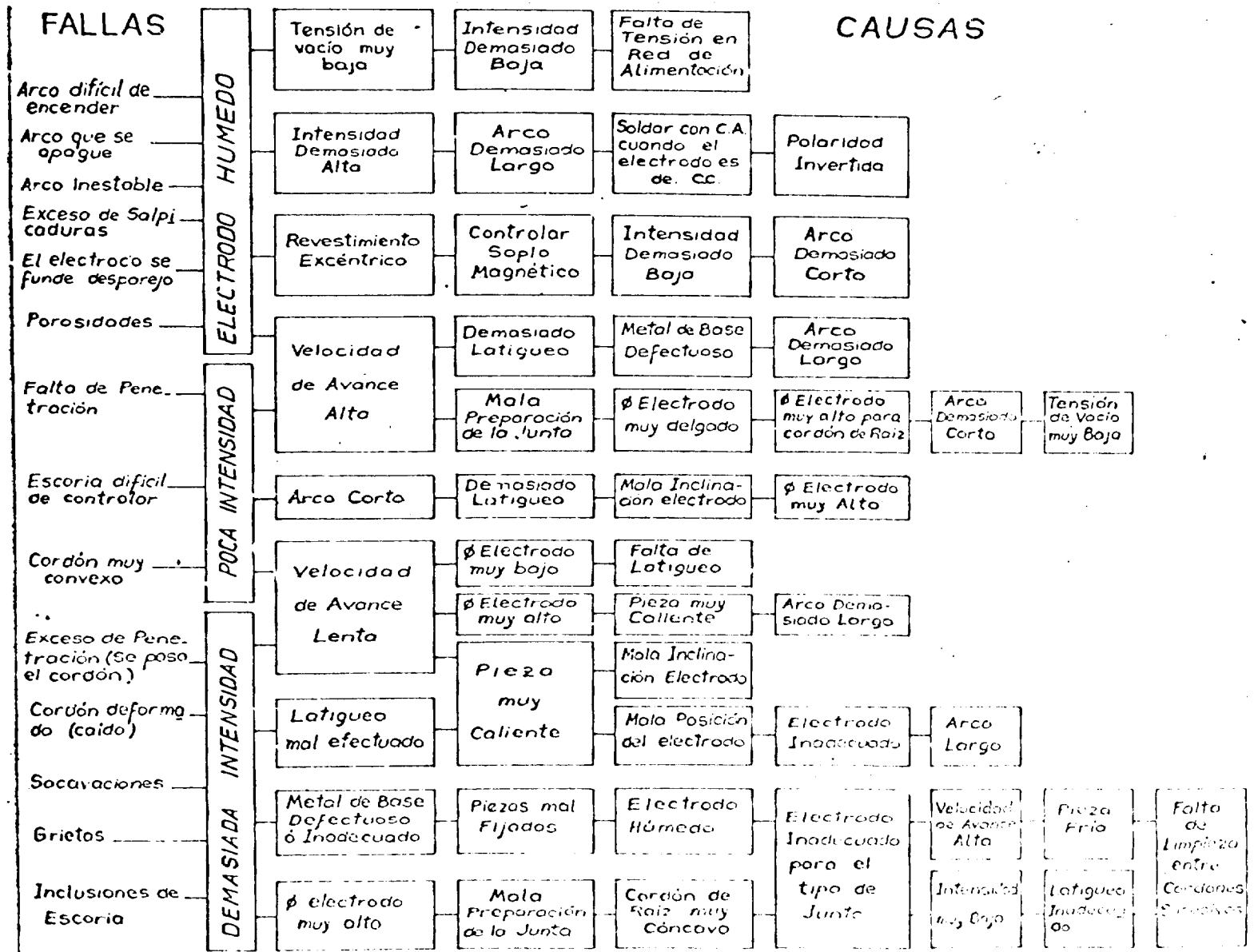
3.C. Formas y medidas del cordón.

La forma y medidas deben estar de acuerdo con lo exigido en el plano. La tolerancia normal es de $\pm 1/16''$ en todos los casos.



FALLAS, CAUSAS, CORRECCIONES Y PREPARACION DE JUNTAS EN LA SOLDADURA DE ACEROS
ESTRUCTURALES CON ELECTRODOS REVESTIDOS

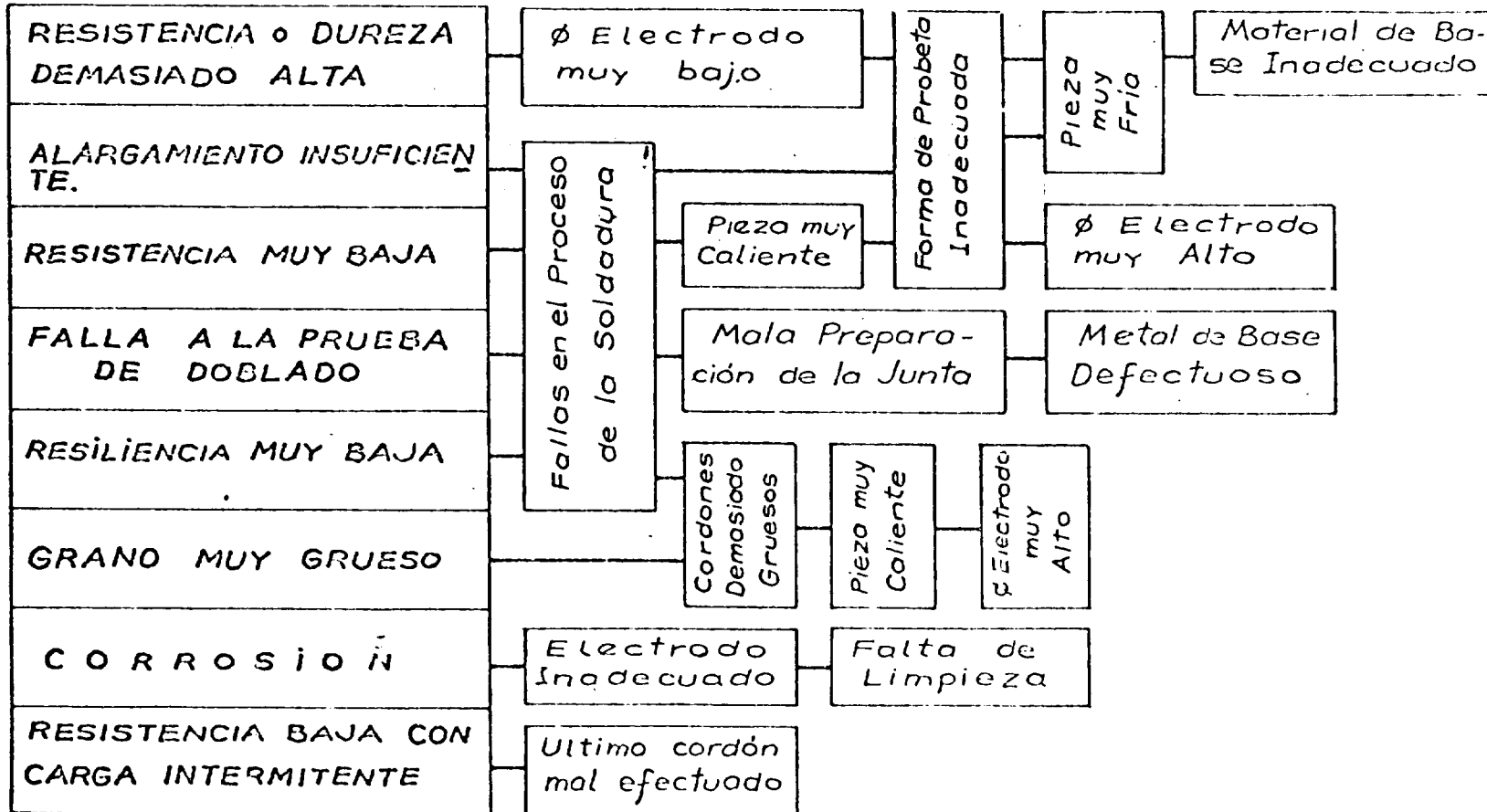
<u>Fallas</u>	<u>Causas</u>	<u>Corrección</u>
Falta de penetración	-electrodo inadecuado	Cambiar tipo de electrodo
	-falta de intensidad	Aumentar intensidad
	-mala preparación del chaflán	Cambiar ángulo
	-distancia inadecuada de separación	Ajustar distancia según tablas
	-ángulo de electrodo inadecuado	Cambiar ángulo a 70°
	-cordón de raíz insuficiente	Bajar ϕ de electrodo
	-piezas sucias o impregnadas de aceite	Limpiar
Porosidad	-electrodo húmedo	Secar electrodos
	-electrodo inadecuado	Cambiar electrodo
Inclusiones de escoria	-Falta de limpieza	Escoriar bien
	-ángulo electrodo malo	Corregir ángulo
Arco Inestable	-polaridad mala	Poner polaridad según recomendaciones del fabricante
	-uso de electrodo de DC con A.C.	Cambiar máquina
	-falta de voltaje	Cambiar máquina por otra de más voltaje
Salpicaduras	-electrodo húmedo	Secar el electrodo
	-arco muy largo	Acortar longitud del arco
Metal carcomido o socavado	-intensidad muy alta	Bajar intensidad
	-mal movimiento lateral del electrodo	Ajustar latiguo del electrodo

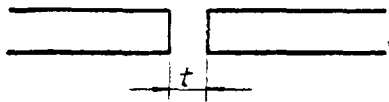
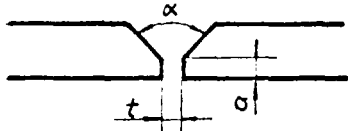
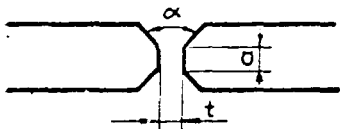

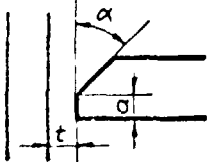
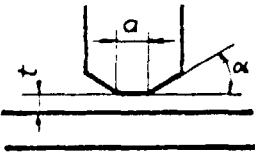


FALLAS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS

Fallas

Causas



FORMA JUNTA	ESPESOR	t	a	α°
	≤ 5	0-2	—	—
	5-12	1,5-2	2-3	60°
	12-30	1-3	1,5-2,5	60°
	≤ 5	0-1	—	—
	5-12	1,5-2	2-3	30°
	12-30	1,5-2,5	3-6	45°

SOLDADURA CON ARCO SUMERGIDO

1. Arco Sumergido

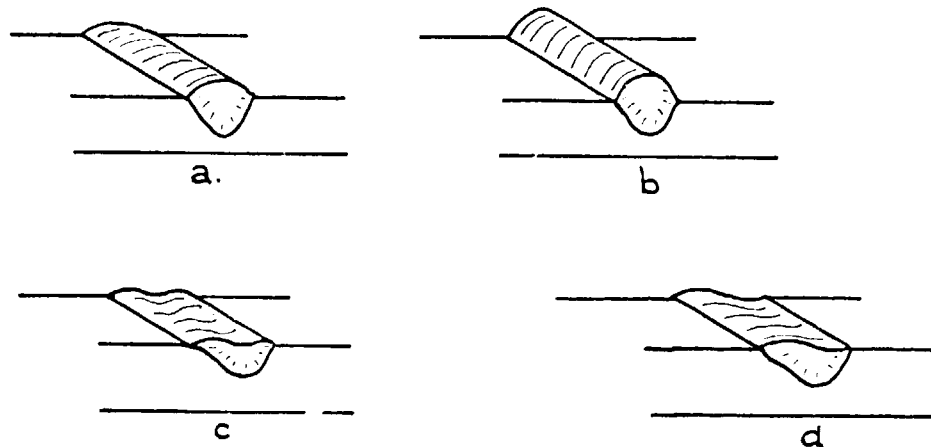
1.1. General

El proceso de arco sumergido se emplea cuando se requiere una gran velocidad de metal de aporte, utilizando intensidades considerables las cuales funden una gran cantidad del metal de aporte y del metal de base, aportando también una cantidad de calor, lo que produce un crecimiento del grano del material fundido y del metal de la zona térmicamente afectada, mostrando una estructura parecida a la de la fundición, lo que hace suponer que estas soldaduras tienen mala ductilidad y baja resistencia.

Esto, sin embargo, no es así, ya que los cordones de arco sumergido tienen una ductilidad y una resistencia por lo menos igual al metal de base. La alta calidad de estas soldaduras se debe principalmente a las cualidades del fundente y a su buena protección.

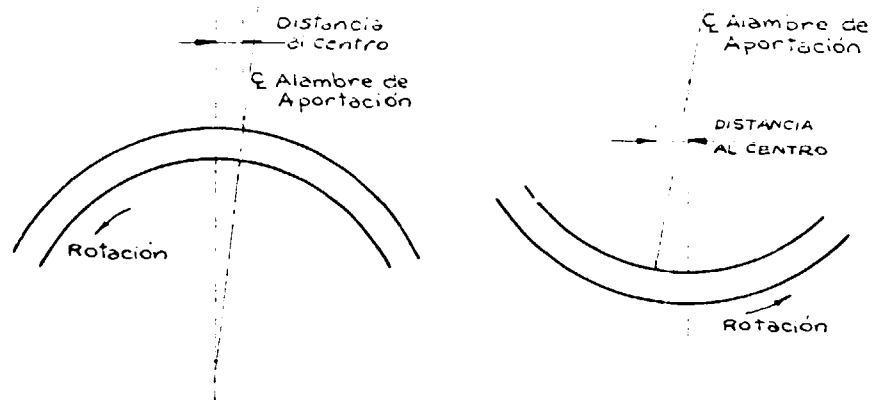
Para optimizar las soldaduras de arco sumergido se hacen normalmente en instalaciones automáticas, controlando los parámetros automáticamente. La limitación principal de este proceso es que se debe realizar en posición plana o casi plana.

La gran cantidad de metal fundido (2 kg. de metal base por cada kilogramo de metal de aporte) produce un baño fundido tan grande que el metal fluye, con cualquier inclinación del trabajo, fenómeno que se puede aprovechar para controlar el aspecto del cordón. (Ver figura)



- a= Soldadura horizontal
- b= Soldadura hacia arriba
- c= Soldadura hacia abajo
- d= Soldadura con inclinación a la izquierda

Las soldaduras circulares con arco sumergido se deben efectuar según lo indicado en la siguiente figura:



Como la penetración depende del ángulo del alambre es el grado de penetración el que determina la distancia del desplazamiento - mayor ángulo = mayor penetración.

Si se suelda por un solo lado a tope con penetración total se suele poner un respaldo.

Este respaldo puede ser una platina del mismo metal de base, o una barra de cobre, una cinta de lana de vidrio, o un fundente de composición especial para este fin.

1.2. Preparación de las juntas para arco sumergido

Se puede soldar a tope hasta 5/8" de espesor sin preparación de bordes, obteniendo una penetración total, soldando ambos lados, pero con este método pueden quedar atrapadas inclusiones de escoria, por lo cual estos cordones, por lo general no pasan las pruebas radiográficas.

Para mejorar la calidad se suele preparar los bordes según las indicaciones de las siguientes tablas:

Soldaduras a tope de primera calidad con soporte de cobre y bordes cuadrados

Espesor material mm.	Separación de talón mm.	Diámetro varilla mm.	Corriente de Arco (A)	Voltaje de Arco (V)	Velocidad cm/min
2,0		2,4	325-375	25	254-380
2,6		3,2	350-400	25	190-254
3,2	0-1,6	3,2	400-475	26	127-200
4,8	0-1,6	4,0	600-650	26	90-127
6,4	0-2,4	4,8	750-850	28	64-90
8,0	0-2,4	4,8-5,6	800-900	30	64-76

Soldaduras a tope en X de primera calidad (Pasada de cara)

Espesor material mm	Profundidad de la semi-X (V) mm	Angulo de la semi-X (V)	A(min)	Alambre	
				mm	cm/min
9,6	3,2	Saneado de raíz	600	4,8	51
12,8	3,2	Saneado de raíz	900	4,8	40
19,2	6,4	90	1100	6,4	33
25,4	9,6	90	1200	6,4	28
38,2	16,0	70	1600	8,0	23
50,8	19,2	80	1900	8,0	15
63,6	25,4	80	2000	8,0	13

Soldaduras a tope en X de primera calidad (Pasada de raíz)

Espesor material mm.	Profundidad de la semi-X mm.	Talón mm.	Angulo de la Semi-X (V)	Alambre	
				Amp. (min)	mm cm/min.
9,6		9,6		500	4,8 56
12,8	3,2	9,6	90	650	4,8 46
19,2	4,8	8,0	90	850	6,4 40
25,4	8,0	8,0	90	1000	6,4 38
38,2	11,2	11,2	60	1300	6,4 25
50,8	19,2	12,8	70	1500	8,0 18
63,6	22,4	16,0	70	1700	8,0 13

1.3. Parámetros de soldadura con arco sumergido1. Inclinación de la varilla

El alambre puede estar respecto al avance de la soldadura, inclinado hacia adelante, perpendicular o hacia atrás.

Inclinando hacia atrás la penetración será menor, el cordón más ancho y menos sobresaliente, por lo cual se prefiere para soldar chapas delgadas.

Para soldaduras en ángulo en horizontal el alambre bisera el ángulo de 90° y la penetración se puede aumentar dirigiendo la varilla a la unión con un ángulo menor.

2. Voltaje

La forma del cordón está sujeta al voltaje. Un voltaje bajo reduce el sobreespesor y un voltaje alto amplía la zona de fusión y reduce la penetración.

3. Intensidad

Mayor intensidad da más penetración y más sobreespesor.

4. Velocidad de avance

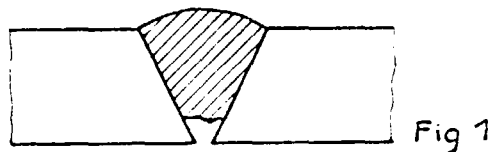
Velocidad alta produce mordeduras.
El sobreespesor se aumenta reduciendo la velocidad.

5. Espesor del fundente

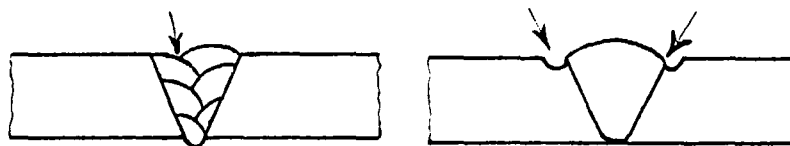
La capa del fundente debe ser uniforme.
El espesor de la capa en exceso produce un cordón con mal acabado, debido a la formación de una cantidad excesiva de gases, hasta puede producir porosidad.
La escasez de fundente produce proyecciones.

PRINCIPALES FALLAS Y METODOS DE INSPECCION1. Fallas o defectos

- a. Metal Pegado: Cuando el metal de aporte no se ha mezclado con el metal de base. Esto produce una falta de resistencia mecánica imposible de corregir, y se debe a la baja intensidad, a una velocidad demasiado alta de avance o a un arco demasiado largo.
- b. Falta de penetración: Esto ocurre cuando el cordón no llega al dorso de la pieza o cuando dos cordones opuestos no se sueldan entre sí. Sus causas además de las nombradas anteriormente, son bordes mal preparados o demasiado juntos. (fig.1)



- c. Sopladuras: Poros en el interior del cordón causados por la inclusión de gases, debidos a electrodos no adecuados o en mal estado.
- d. Inclusiones de escoria: Por inestabilidad del arco, mala posición o movimiento del electrodo, muchas veces la escoria líquida no puede subir a la superficie del cordón, quedándose atrapada en el interior del metal, ocasionando huecos o poros.
- e. Surcos: Cuando el cordón no cubre perfectamente el borde del metal o el cordón anterior (fig. 2), debido a la mala posición del electrodo, electrodo mal elegido o polaridad inversa.

2. Métodos de inspección

- a. Exámen macrográfico: Se efectúa cortando una sección del cordón, puliendo y atacando con Nital al 5% para hacer resaltar la interfusión entre el metal de base y el de aporte y descubrir poros o grietas. También se puede usar una solución de amonio en agua al 10% como reactivo.
- b. Exámen micrográfico: Igual al anterior, pero se observa a través de un microscopio para detallar el cambio de estructura en el metal de base.
- c. Exámen eléctrico: De muy poco uso, midiendo la diferencia de intensidad de una corriente eléctrica que pasa a través de una sección del metal de base y una sección de igual medida del cordón.
- d. Exámen magnético: Se coloca la pieza soldada entre dos polos magnéticos, creando dentro de la pieza un campo magnético, cuyas líneas de fuerzas están repartidas uniformemente, haciéndolas resaltar a través de limaduras de hierro esparcidas sobre la pieza. Cualquier defecto en el cordón hace desviar las líneas de fuerzas magnéticas, lo que se evidencia a través de las líneas formadas por las limaduras.

e. Rayos X: Sabemos que los rayos X atraviesan todos los materiales en menor o mayor grado según su densidad, su espesor y su naturaleza. El equipo de radiografía utilizado para el examen de soldaduras consta de una fuente de rayos X y un sistema de fotografía (ver fig. 3)

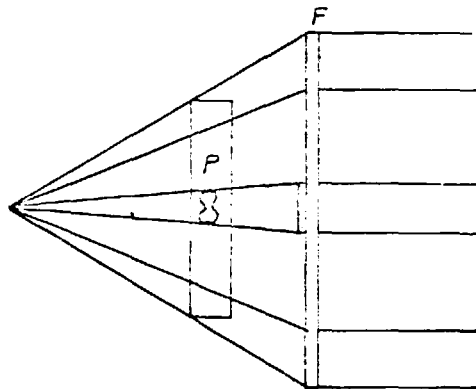


FIG.3

Si ponemos la pieza a examinar en el haz de rayos X, estos serán absorbidos en parte y la otra parte atraviesan la misma pieza y van a incidir en la placa fotográfica.

Si la pieza es completamente homogénea la placa fotográfica será atacada en todas sus partes con la misma intensidad, pero si los rayos X atraviesan una zona donde hay defectos tales como inclusiones de gas o escoria, poros, grietas, faltas de penetración, etc., serán menos absorbidas y van a atacar la placa fotográfica en mayor grado. Una vez revelada la placa se observan todas estas fallas.

f. Rayos Gamma: Como los rayos X son limitados en su uso, ya que tratándose de metales muy rara vez atraviesan espesores mayores de 80 o como máximo 100 mm. Se ha desarrollado la técnica de rayos Gamma, a base de isótopos de radio-iridio, radio-cobalto y radio-tantalio.

Estos rayos son mucho más sensibles, pueden penetrar en metales hasta 250 mm de espesor y requieren mucho menos tiempo de exposición.

g. Ultrasonidos: Un equipo (fig. 4) de ultrasonido consiste en dos o más sondas portadoras de los cristales de cuarzo o turmalina conectados al generador de oscilaciones de alta frecuencia y el receptor de éstas.

Se coloca la sonda emisora sobre el metal a examinar y la sonda receptora recoge las vibraciones, las transmite al receptor que nos indica si existen fallas, su tamaño y su localización.

La ubicación de los defectos se obtiene según varios métodos representados en la fig. 5 a, b y c.

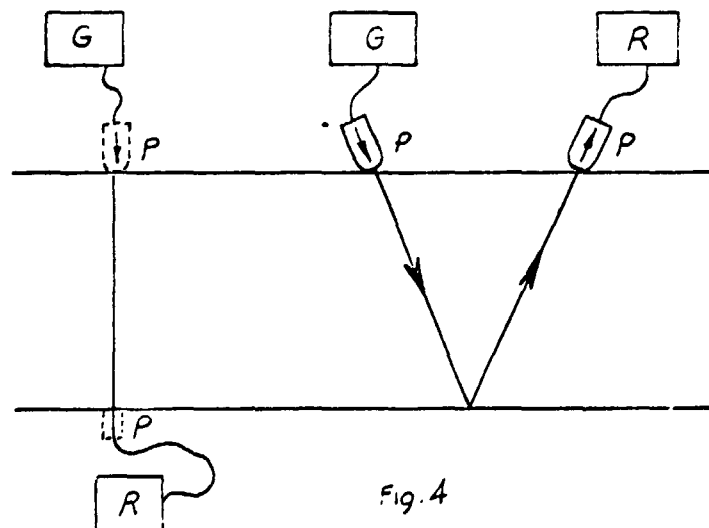


Fig.4

Fig. 5a

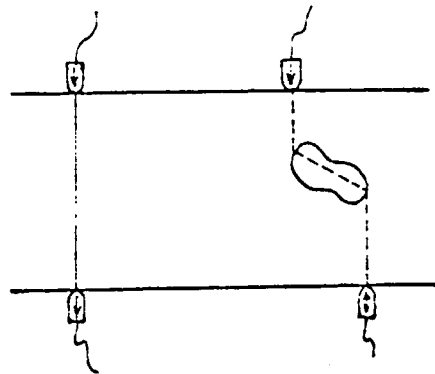


Fig. 5b

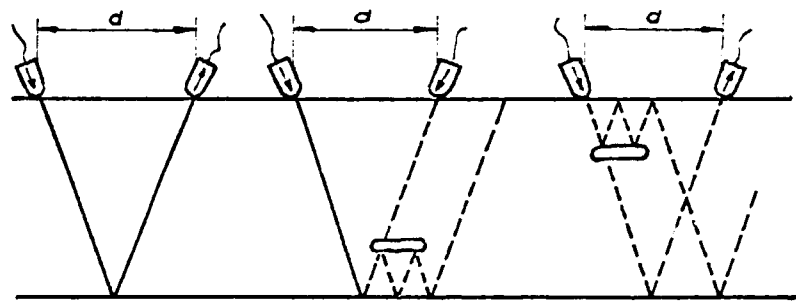
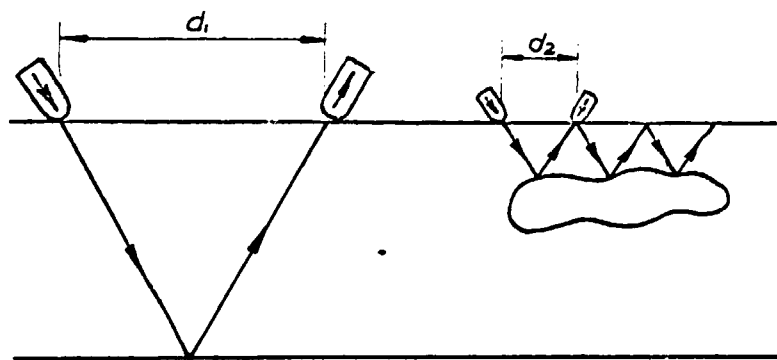


Fig 5c.



PRUEBAS MECANICAS DESTRUCTIVAS PARA LA INSPECCION Y CONTROL DE
CORDONES DE SOLDADURA

1. Cordones de recargue

Sobre una chapa de 10 mm de espesor y de 80 x 200 mm se depositan los cordones según indica la fig. 1 con las siguientes precauciones:

- Limpiar la chapa completamente
- Dejar enfriar la chapa hasta la temperatura ambiente, sin colarla en agua o chorro de aire comprimido.
- Efectuar limpieza a fondo de cada cordón.

Luego se corta la chapa en varias secciones transversales de aproximadamente 45 mm, se pulen y se hacen los ataques adecuados para macro y/o microscopía.

Se observa la adherencia, la penetración, la interfusión y el cambio de estructura de la zona afectada por el calor.

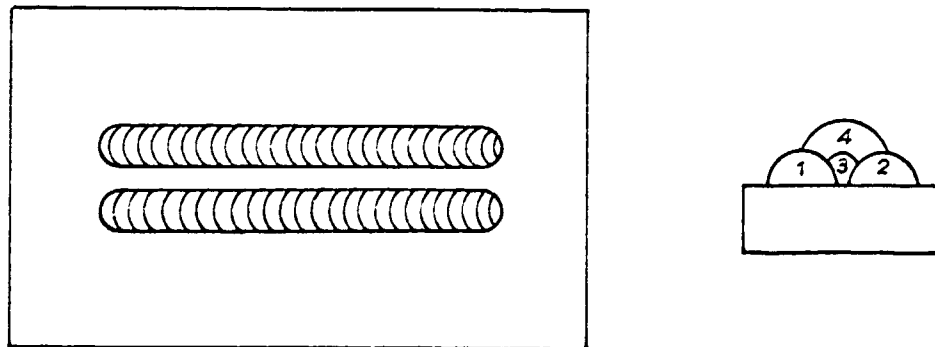


Fig. 1

2. Pruebas de soldadura a tope

Dos chapas de las medidas que se indican en la fig. 2 se sueldan de la siguiente forma:

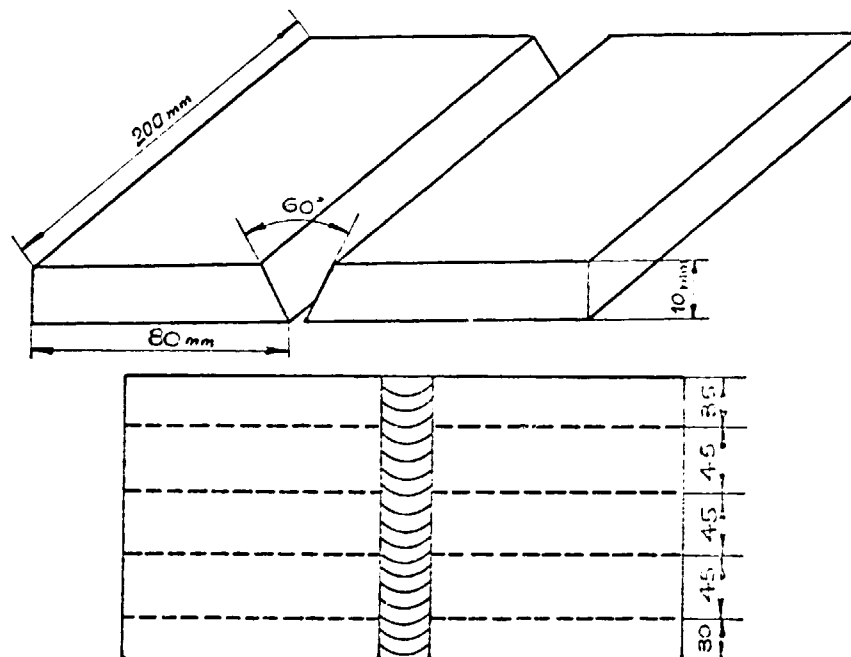


Fig. 2

- Primera pasada o cordón de penetración con electrodo \varnothing 3 mm.
- Otras pasadas o cordones con electrodos \varnothing 4mm., enfriando y limpiando la pieza entre cada cordón.
- Luego se corta la pieza en tiras según indica la fig.2 y se someten a las siguientes pruebas:

Con las dos tiras finales se hacen las pruebas de N°1. Con una de las tres centrales se hace la prueba de doblado de raíz, en un doblador especialmente configurado para esto (ver fig.3)

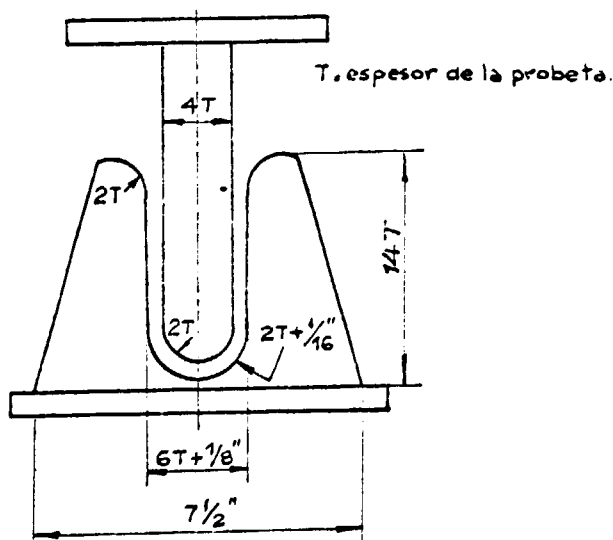
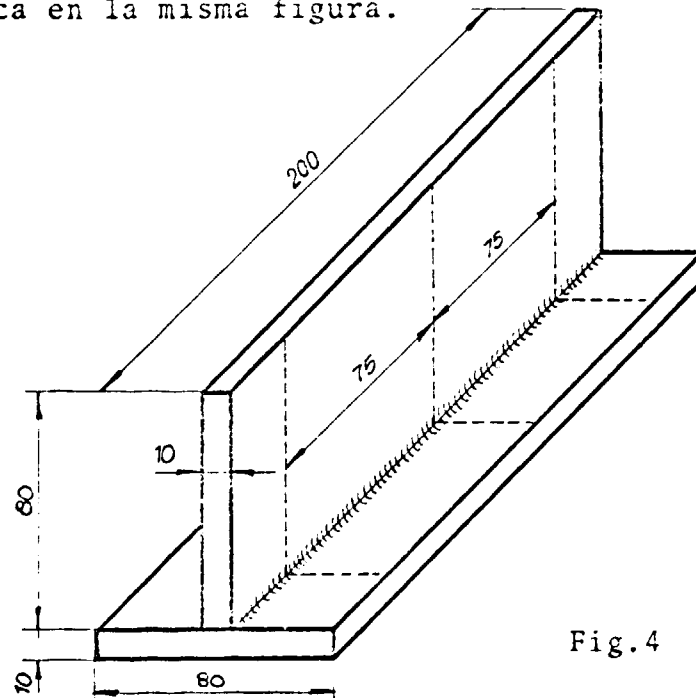


Fig. 3

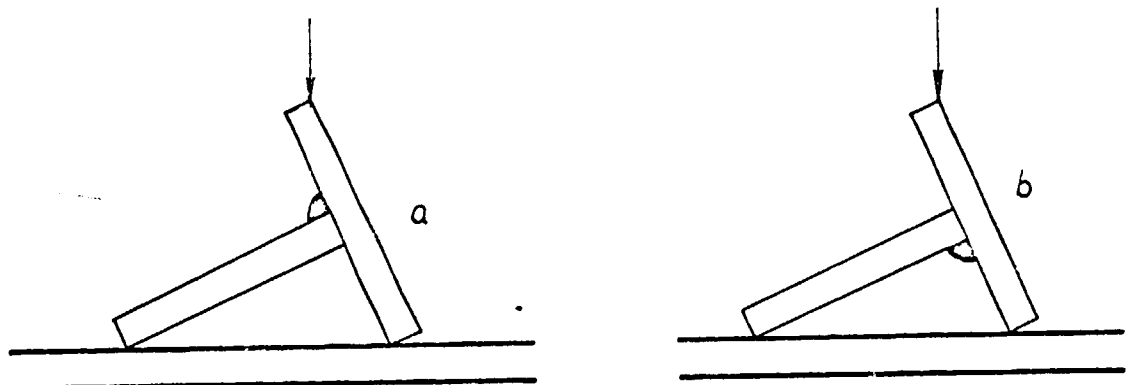
colocada la pieza con la raíz del cordón hacia la abertura de la matriz hembra, e introduciendo el mazo para doblar la probeta en U. El cordón es aceptado si no presenta fisuras u otras discontinuidades mayores de tres milímetros después del doblado. Se hace lo mismo con la segunda probeta, pero doblándola al revés o sea, con la raíz hacia arriba y se aplica el mismo criterio. Con la tercera de las probetas se confecciona una probeta de tracción para ejecutar este ensayo.

3. Prueba de soldadura en esquina

Se suelda una muestra según fig. 4 y se cortan las probetas como se indica en la misma figura.



Con las probetas centrales se hace una prueba de doblado, aplicando una fuerza continua según indica la fig. 5 (a y b)



Con las dos probetas finales se hacen macrografías y/o micrografías y se observa penetración e interfusión.

SOLDADURA POR INDUCCION

El calentamiento por inducción es más rápido que todos los métodos de fusión, calentamiento, soldadura normal, soldadura fuerte, y blanda de los metales. Este método necesita un generador de corriente de alta frecuencia, generalmente entre 10 y 1000 kc y una potencia de entrada de 3 y 25 kW, necesiándose, por tanto, una línea de mayor potencia. Las potencias de salida necesarias son difíciles de especificar, pues dependen de la forma de la pieza que se va a calcular y otros factores, pero nunca tendremos una potencia de salida mayor que la mitad de la potencia de entrada. Esto significa un rendimiento máximo para el calentamiento por inducción del 50 %, cifra que pocos métodos pueden alcanzar. El generador de alta frecuencia es considerado un elemento bastante caro del equipo, pero si el trabajo es suficiente para mantenerlo ocupado, se amortiza rápidamente.

Un resumen de las ventajas del calentamiento por inducción cuando se aplica sólo para unir metales (el método también puede utilizarse para tratamientos térmicos, fusión y otras operaciones) es el siguiente:

- 1- Elevadas cifras de producción
- 2- Coste de mano de obra reducido
- 3- Menor manipulación del material
- 4- Mínimo cuidado y mantenimiento
- 5- Mínima necesidad de espacio
- 6- Bajo coste de energía por pieza
- 7- Máximo aprovechamiento de las piezas
- 8- Daños mínimos por el calor, puesto que el ciclo de calentamiento comprende sólo unos minutos.

La elevada velocidad de calentamiento del método de inducción sorprende a cualquiera que lo desconozca. Además de su rapidez, el calentador de inducción goza de una gran versatilidad para operar con todos los materiales conductores de la electricidad, metales y no metales. Puede hacer toda clase de operaciones soldar con estaño, con bronce, por fusión, calentar, templar, tratar térmicamente, relajar tensiones o fundir en crisol la mayor parte de los metales comunes. Durante muchos años, estos equipos estuvieron desplazados por su elevado coste, pero su velocidad y versatilidad, dos supremas características del método de inducción, están entre las virtudes industriales más preferidas, por lo que su empleo se ha extendido recientemente.

Los principios del procedimiento son sencillos. La pieza o conjunto a calentar es realmente el secundario de un transformador con núcleo de cinc, siendo el primario una bobina de tubo de cobre de 6,4 mm de diámetro, arrollada alrededor de la pieza y adaptada a su forma.

El equipo, por lo tanto, es un transformador reductor, como los de soldadura, que induce en la pieza un pequeño voltaje y una gran corriente.

La corriente inducida en la pieza es muy grande, de varios miles de amperios en la superficie, produciendo por resistencia una gran potencia calorífica en la pieza. El resultado final es que el calentamiento por inducción es un calentamiento por resistencia que utiliza como resistencia la propia pieza. Las bobinas se a rolan fácilmente en el taller, y solamente consumen una cantidad de tubo de coste despreciable. Estas bobinas se hacen de tubo de cobre y se refrigeran por agua.

Los generadores de inducción para soldadura fuerte y blanda son máquinas de alta frecuencia que producen corriente alterna de onda larga.

Pueden equiparse a una estación transmisora de radio, con la antena sustituída por una bobina de calentamiento de cobre. La alta frecuencia la obtienen de una potencia normal de 50 ciclos de la siguiente forma: la corriente trifásica de 50 ciclos se rectifica primero por medio de un rectificador compuesto por 6 válvulas de mercurio, dos por cada fase. Con la corriente continua obtenida, se alimenta entonces un circuito oscilador.

El circuito oscilador básico, donde una bobina de inducción y un condensador se recargan continuamente uno a otro, ya ha sido estudiado.

Para compensar las pérdidas del circuito y la potencia extraída para calentar la pieza, una gran válvula triodo de gas reinyecta constantemente potencia al circuito oscilador.

PROFUNDIDAD DE REFERENCIA

Las altas frecuencias empleadas en soldadura fuerte y soldadura por fusión por inducción, producen en la pieza un efecto pelicular. Por este efecto, casi toda la corriente es conducida por la superficie exterior de la pieza y es muy pequeña por el centro de la misma, aunque el interior de la pieza también se

calienta debido a la gran conductividad del metal.

La distribución de la corriente en la pieza desde la superficie hasta el centro es la corriente alta en el exterior y la pequeña en el centro. Se supone arbitrariamente que toda la corriente va sólo por una capa superficial de un cierto espesor. Esta profundidad arbitraria, o espesor, viene expresada por la fórmula:

$$d = 5034 \sqrt{\frac{\sigma}{\mu f}}$$

donde: σ = resistencia de la pieza en ohmios mm^2/cm ,

f = frecuencia del oscilador en ciclos por segundo,

μ = permeabilidad magnética relativa de la pieza. Es igual a 1 para los metales, paramagnéticos como cobre o aceros inoxidable austeníticos; para aceros magnéticos, la permeabilidad es muy grande (superior a 1000) pero generalmente desconocida. Las temperaturas para soldadura fuerte son, sin embargo, superiores a la temperatura Curie del acero, de modo que la permeabilidad de los aceros ferromagnéticos puede tomarse igual a uno. La temperatura Curie es la temperatura por encima de la cual un metal deja de ser ferromagnético.

d = profundidad de referencia en centímetro. Realmente ésta es la profundidad desde la superficie a la cual la corriente es el 36,8 % de su valor en dicha superficie.

El siguiente ejemplo ilustra el manejo de esta fórmula: considerar el calentamiento de un redondo de 20 mm de acero inoxidable tipo 302, en el cual $\sigma = 7,3 \cdot 10^{-3}$ ohmios $\cdot \text{mm}^2/\text{cm}$ y $\mu = 1$, con una frecuencia de 450 kc/s.

$$d = 5034 \sqrt{\frac{7,3}{10^3 \times 540 \times 10^3}} = 0,5034 \sqrt{\frac{7,3}{5,4}} = 0,68 \text{ mm.}$$

Así, una película de 0,7 mm es conductora de varios miles de amperios, por lo que el calentamiento es muy rápido.

Las conclusiones lógicas que se pueden obtener de esta fórmula son las siguientes. En primer lugar, la profundidad de referencia d , y, por tanto, la profundidad de calentamiento es mayor si la frecuencia es menor. Por ejemplo, a 10 kc, el valor de d para barras de acero inoxidable es 4,3 mm.

Para fusión, forja, u otras operaciones que requieren un calentamiento total, se deben emplear bajas frecuencias, tan bajas como los 50 ciclos de la red, so-

bre todo si el espesor de las piezas es considerable. Para la soldadura fuerte de empalmes de tubos de cobre en los codos de las tuberías, siendo huecas ambas partes, resulta adecuada una frecuencia tan alta como 540 kc. En segundo lugar, la profundidad del calentamiento será mayor para aquellos materiales de elevada resistencia eléctrica, tal como acero inoxidable, y la menor para los muy conductores, tal como cobre y aluminio. Si la barra en cuestión fuera cobre en vez de ser acero inoxidable, a 540 kc el valor de d sería solamente de unas centésimas de milímetro. Puesto que todos los metales presentan un aumento de resistencia específica con la temperatura, la profundidad de referencia aumentará un poco cuando el metal se calienta, efecto que proporciona un calentamiento más rápido.

Ya se ha señalado que las corrientes parásitas de la barra y, por tanto el calentamiento por resistencia, no están reducidos a la profundidad d desde la superficie. Para tener una noción de cómo las corrientes inducidas en la barra calentada por inducción se distribuyen en toda su sección, consideraremos un redondo de acero inoxidable 302 de 54 mm de diámetro y 76 mm de longitud calentado por inducción primero a 10 kc y luego a 400 cps. Imaginemos el redondo dividido en nueve capas concéntricas, siendo la capa 1 la externa, con un diámetro exterior de 54 mm y diámetro interior de 48 mm, y la capa 9 la del centro, con un D.E. de 6 mm y un D.I. nulo. Cada una de las 9 capas imaginarias en que hemos dividido el redondo tiene un espesor de 3 mm. Debido a que los cálculos para hallar la corriente en cada capa son bastantes complicados, solo daremos una tabla de los resultados (tabla 1)

TABLA 1

Capa	Amp. a 10 kc	Amp. a 400 cps
1.	6280	1308
2.	3270	1142
3.	1740	976
4.	925	830
5.	496	674
6.	279	526
7.	159	374
8.	89	225
9.	29	75

Se notará que el efecto pelicular es más acusado para la frecuencia más elevada. El calentamiento en cada capa imaginaria lo dan los vatios I^2R en cada una de ellas. Primero debe determinarse la resistencia. Cada capa tiene una sección transversal, perpendicular a la corriente de $3 \times 76 = 228 \text{ mm}^2$, pero debido a que las capas tienen diferentes diámetros, la longitud de la trayectoria de la corriente alrededor de las capas circulares varía.

El diámetro medio de la primera capa, o sea, la exterior, es de 51 mm.

La longitud de la trayectoria de la corriente es $51 \times 3,14 = 160 \text{ mm}$. La resistencia de la primera capa será:

$$R = \sigma \times L/S = 7,3 \times 10^{-3} \times 16/228 = 5,1 \times 10^{-4} \Omega$$

donde $7,3 \times 10^{-3} \Omega \text{ mm}^2/\text{cm}$ es la resistencia específica del acero inoxidable 302 o 304.

Caída de voltaje en la primera capa debida a las corrientes parásitas = $E = IR = 6280 \times 0,000510 = \text{aprox. } 3 \frac{1}{4} \text{ V}$.

El calentamiento en vatios es:

$$P_1 = I^2R = 6280^2 \times 0,000516 = 20 \text{ kW}$$

Esta es una gran cantidad de calor para la pequeña cantidad de metal de la primera capa y explica la rapidez del calentamiento por inducción.

El calentamiento en cada capa a 10 kcal debido a las corrientes inducidas viene indicado en la tabla 2.

Nótese que un 75 % del calor se produce en la primera capa a estas frecuencias.

TABLA 2

Capa -	Amp.	Ohmios	Vatios
1.....	6280	0,000516	20400,00
2.....	3270	0,000455	4860,00
3.....	1740	0,000395	1200,00
4.....	225	0,000334	286,00
5.....	496	0,000273	67,20
6.....	279	0,000212	16,50
7.....	159	0,000152	3,80
8.....	89	0,000091	0,70
9.....	29	0,000055	0,05

Como comparación consideremos un redondo de cobre de la misma medida a 242 cps.

Esta frecuencia se ha seleccionado con objeto de tener las mismas corrientes parafásicas que en el acero inoxidable. La resistencia de las caras de cobre, pues la resistencia específica del cobre es $1,76 \times 10^{-4}$ ohmios \cdot mm²/cm a la temperatura ambiente, solamente un 2,42 % de la resistencia de acero inoxidable.

Para el redondo de cobre a 242 cps (tabla 3)

TABLA 3

Capa	Amp.	Ohmios	Vatios
1. . . .	6280	$12,5 \times 10^6$	491,00
2. . . .	3270		
3. . . .	1740		
4. . . .	925		
5. . . .	496		
6. . . .	279		
7. . . .	159		
8. . . .	89	$1,4 \times 10^{-6}$	0,09
9. . . .	29		

El redondo de cobre no tiene bastante resistencia para producir un marcado efecto de calentamiento.

Como se ha observado, el calentamiento por inducción es realmente calentamiento por resistencia con corrientes inducidas, en el cual la misma pieza es la resistencia productora de calor. El rendimiento es muy grande comparado con el del 5 al 10 % obtenido normalmente en los hornos por las resistencias colocadas en sus paredes. El rendimiento del calentamiento por inducción se puede calcular de una manera sencilla: los vatios producidos en la pieza son todos calor útil, mientras que los vatios producidos en la bobina de calentamiento de cobre es calor desperdiciado. Si la pieza es de cobre, su resistencia es la misma que la de la bobina, dando un rendimiento de un 50 %. Supóngase que la pieza es acero al carbono. Este material, tiene una resistencia específica de unas 6 veces la del cobre, estimándose un rendimiento del 67 o bien del 87 %. Los transformadores son siempre aparatos de gran rendimiento y los mismos calentadores de inducción son también en cierto modo transformadores.

TECNICA DE LA SOLDADURA FUERTE Y DE LA SOLDADURA POR FUSION POR EL SISTEMA
DE INDUCCION

En la práctica del calentamiento por inducción, las piezas a unir se sujetan unas contra otras, con el material de soldadura y el fundente entre ellas. Generalmente se emplea metal de aportación cortado en la forma deseada. Una corta longitud de tubo redondo, o cuadrado, generalmente de 6,4 mm de diámetro se enrolla alrededor de la pieza en una o dos bobinas. La bobina debe tener conexiones con los bornes del generador de inducción tanto para la energía eléctrica como para el enfriamiento con agua de la bobina. No existen bobinas normalizadas, pues debido a la gran variedad de formas de las piezas que son calentadas por inducción, estas bobinas no son prácticas. Por tanto, todos los talleres hacen sus propias bobinas, operación que por otra parte es muy simple. Se recomienda una separación de 3,2 mm entre la pieza y la bobina, con el fin de que la pieza no cortocircuite accidentalmente con la bobina. Normalmente no hay peligro para el personal. La bobina no se calienta a pesar de que la pieza lo haga, debido a su refrigeración interna por agua. No existe peligro de electrocución al tocar la bobina, pues la caída de voltaje en ella es muy baja. El metal calentado no forma escamas u óxidos en cantidad apreciable, pues los tiempos de calentamiento son muy cortos.

La soldadura normal por inducción es menos corriente que la soldadura fuerte por inducción. La aplicación más importante de la primera es la fabricación de tubos y tuberías por soldadura longitudinal a tope. En este proceso, la bobina de inducción rodea al tubo, que pasa por el interior de la bobina a velocidades entre 150 y 1500 cm/min. Normalmente se utilizan radiofrecuencias de 250 a 450 kc, aunque existen instalaciones de baja frecuencia de unos 4 a 10 kc. Los generadores empleados tienen potencias nominales que oscilan entre 50 y 600 KW.

Soldadura por resistencia a alta frecuencia sin corrientes inducidas (Thermatool). La corriente de alta frecuencia sigue el curso de la inducción mínima a lo largo del borde de la chapa.

Las máquinas Thermatool de soldadura de tubos también pueden realizar soldaduras a tope con radiofrecuencias de 450 kc, por calentamiento directo por resistencia sin utilizar corrientes inducidas. El montaje para este tipo de soldado se muestra en la figura. Los dos contactos o electrodos avanzan sobre los bordes del tubo que se están soldando. La trayectoria de mínima resistencia para la corriente de alta frecuencia va desde un electrodo al otro, siguiendo la circunferencia del tubo, pero dicha corriente no sigue este camino, pues tal trayectoria forma una espira inductiva. El efecto inductivo es proporcional a la frecuencia y a la frecuencia de 450 000 cps supera con mucho al efecto de resistencia. Por lo tanto, la corriente sigue el camino de mínima inductancia y máxima resistencia entre los bordes del tubo, como se ve en la figura.

CONCEPTOS PARA LA ELECCION DE UN EQUIPO DE SOLDADURA.

1- General

La elección de los equipos de soldadura más adecuados para cada trabajo es de suma importancia ya que con éste se determina la naturaleza, cantidad y calidad del trabajo a ejecutar.

Los equipos que se encuentran normalmente en el mercado son:

- Transformadores
- Grupos motor-dinamo (rotativo)
- Rectificadores (de diodos de silicio)
- Equipos MIG MAG
- Equipos TIG

2- Breve descripción de cada grupo.

2.1. Transformadores

Son los equipos más sencillos, que transforman la corriente de la red, a corriente apta para soldar, o sea: bajan el voltaje de red a 50-70 voltios, permitiendo que por su secundaria circula corriente hasta 500 Amp. con la posibilidad de regular esta intensidad según las necesidades del trabajo.

Los transformadores pueden ser monofásicos o trimonofásicos.

En su construcción está incluido el sistema de regulación de la intensidad, que puede ser continua o discontinua.

La regulación consiste poner más o menos espiras de la secundaria en el circuito del arco, o en variar la porción de núcleo de hierro en la bobina secundaria.

Esta regulación puede ser continua o escalonada.

2.2. Máquinas rotativas : convertidores.

Las máquinas rotativas, que suministran corriente continua, son un grupo convertidor: motor-dinamo.

El motor puede ser de cualquier tipo: monofásico, trifásico, de corriente continua, o, hasta puede ser un motor de explosión.

El dinamo tiene que ser de tipo "anticomparad" o de "campo magnético

transversal^m porque estos tipos son más aptos para contrarrestar las variaciones bruscas de la corriente, propias al proceso de soldadura por arco.

2.3. Máquinas rectificadoras de diodos.

Pueden ser consideradas como la nueva generación de las máquinas de corriente continua.

Estas máquinas estáticas tienen una mejor característica dinámica (responden con más facilidad y rapidez a los cambios de intensidad) y tienen una mejor y más fluida regulación.

2.4. Equipos MIG MAG.

Los equipos usados en el sistema MIG MAG, o semi-automático consisten en dos partes.

a- La fuente de poder que es una rectificadora a diodos de potencial constante.

b- El grupo alimentador de alambre que el motor de corriente continua, alimenta por la misma fuente con sus accesorios.

2.5. Equipos de Arco-Sumergido.

Similar a los de MIG MAG y tiene además el grupo de tracción del movimiento de la pieza para automatizar la soldadura.

2.6. Equipos para TIG

El sistema TIG trabaja con cualquier clase de corriente, pero para facilitar el encendido del arco, muchas veces tiene un grupo convertidor de frecuencia que suministra una corriente débil en intensidad pero de alta frecuencia en el momento de iniciar el trabajo.

Además para trabajos especiales los equipos suelen tener un grupo pulsador.

3- Selección de equipos.

Según la naturaleza y cantidad del trabajo a realizar se define el sistema a utilizar.

Si se elige un sistema ya queda de una vez el equipo determinado, salvo en el caso de trabajo con electrodos revestidos, en el cual hay que determinar

si se va a utilizar c.c. o c.a.

Para esta determinación hay que tener en cuenta la siguiente comparación:

- Ventajas de c.c. sobre c.a.

- a- Con c.c. se puede soldar todos los metales (ferrosos o no ferrosos) y en todos espesores, mientras que con c.a. estamos limitados a aceros estructurales en espesores medianos o gruesos.
- b- Los equipos c.c. permiten toda clase de electrodos
- c- Las variaciones de voltaje e intensidad son menos pronunciados con c.c.
- d- El factor de potencia (cas 4) es mejor con c.c.
- e- Los cordones de c.c. tienen mejor aspecto y son más fáciles de ejecutar.

- Ventajas de c.a. sobre c.c.

- a- El precio de adquisición de un aparato c.a. es muy inferior al de c.c. a igual capacidad.
- b- Con c.a. se gasta menos energía ($\eta = 70-90 \%$) que con c.c. ($\eta = 50-65 \%$)
- c- Además los aparatos C.a. gastan menos energía en períodos de funcionamiento en vacío.
- d- Los aparatos c.a. tienen menos mantenimiento.

Hay que tener en cuenta que la capacidad de un equipo se indica por el máximo, pero que tiene un factor de utilización por ej.: un equipo de 200 Amp. puede trabajar a 100 % de tiempo a 100 Amp., a 60 % de tiempo a 180 amp. Este 60 % hay que interpretar que el equipo puede trabajar de cada 10 minutos: 6 minutos a la intensidad indicada.

Las tablas 1 y 2 da un resumen de las condiciones y capacidades de los equipos para los diferentes sistemas.

TABLA 1 : CLASE DE CORRIENTE UTILIZABLE EN LOS DIFERENTES PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA

Procedimiento de soldadura	Clase de corriente	
	Corriente continua (Convertidor o rectificador de soldar)	Corriente alterna (Transformador de soldar)
<u>Soldadura con arco descubierto</u> Con electrodo metálico	Ilimitada, con toda clase de electrodos	Limitada sólo a electrodos revestidos y con excepción de los especiales; p. ej., para aceros de alta aleación y metales no férricos.
Con electrodo de carbón	Sí	No
<u>Soldadura con arco encubierto</u> Soldadura bajo carriles Soldadura bajo polvo	Sí Sí	Sí Sí, preferiblemente en grandes potencias
<u>Soldadura con arco bajo gas protector</u> Soldadura por arco atómico Soldadura por arco bajo gas noble Soldadura con wolframio en gas inerte	No Sí, para metales que no formen óxidos de alto punto de fusión	Sí, con transformadores especiales Sí, para metales fácilmente oxidables (con dispositivo adicional de encendido por alta frecuencia)
Soldadura metálica en gas inerte	Sí, preferentemente con diagramas estáticos constantes o ascendentes	No
Soldadura por puntos con arco	Sí	En casos excepcionales
Soldadura bajo CO ₂	Sí	No
Soldadura a presión por arco (soldadura de pernos)	Sí	No

TABLA 2 : VALORES COMPARATIVOS DE LAS FUENTES DE CORRIENTE PARA SOLDADURA POR ARCO.

		CONVERTIDOR	RECTIFICADOR	TRANSFORMADOR
Precio	%		100	40 a 75
Rendimiento	%		50 a 70	70 a 80
Consumo en vacío	kW	1,5 a 2,5	0,5 a 1	0,25 a 0,35 o bien 2 a 4,5 kVA
Carga de la red			uniforme	asimétrica
Factor de potencia		0,85 a 0,9	0,6 a 0,7	0,3 a 0,4 (sin compensar)

EL ENSAYO DE FLEXION.

1- Aplicación.-

El ensayo de flexión se emplea sólo en relación con la cuestión de la tendencia a la separación por rotura (sensibilidad a la rotura frágil; soldabilidad) del material de base. Las probetas y procedimientos de ensayo están acopladas sólo en aceros ferrítico-perlíticos de los grupos St 37 hasta St 52.

2- Ensayo de flexión con recargue.-

El ensayo de flexión con recargue (también llamado ensayo de flexión de cordones de soldadura) es para la prueba de perfiles gruesos de acero 52. La probeta de flexión con recargue ha sufrido algunas oscilaciones, hasta que ha sido normalizada en Alemania (DIN 17 100), Austria (ÖNORM M 3052) y Suiza (VSM 14 053). En la figura 1 están reproducidas las dimensiones de la probeta y la disposición de ensayo según DIN 17 100 (edición de 10.1957)

Las probetas por lo regular, se cortan de las planchas a soplete, y con un corte a soplete maquinal, bien hecho, no es necesaria elaboración posterior. En todos los casos, los cantos longitudinales tienen que ser elaborados a base de virutas. Según DIN 17 100, debe soldarse en el taller suministrador con un electrodo revestido ácido de 5 mm de grueso, y según ÖNORM M 3052, con uno de 4 a 5 mm de grueso.

La probeta es sensible a la temperatura y por ello hay que medir la temperatura lo más cerca posible de la sección peligrosa, y debe estar en $20^{\circ} \pm 2^{\circ}$

La flexión tiene que hacerse despacio y uniformemente, y hay que evitar los esfuerzos en forma de choque que pueden aparecer por un rápido resbalamiento sobre los rodillos de apoyo. Por esto, tanto éstos como los sitios de apoyo de la plancha, hay que engrasarlos. Se valora el ángu-

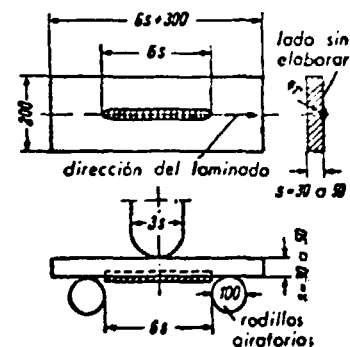


Figura 1
Probeta de flexión de recargue y dispositivo de ensayo según DIN 17 100.

lo de flexión hasta la rotura y el aspecto de la misma.

Es también posible determinar el ángulo de plegado hasta la primera grieta en el material de base y entonces se valora la grieta si penetra en el material base por lo menos 20 mm desde el borde del cordón de soldadura (figura 2). Igualmente la estricción en la rotura, puede servir de escala de valoración.

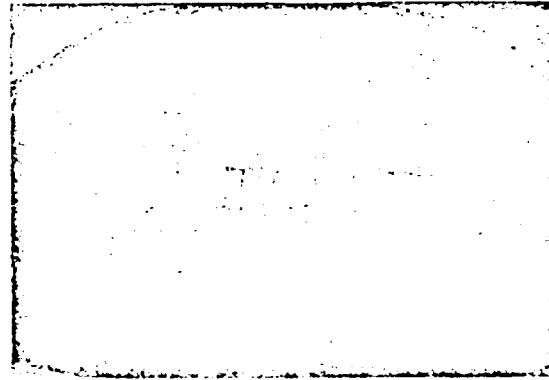


Figura 2
Probeta de flexión de recargue curvada hasta la primera fisura en el material de base.

3- Ensayo de flexión entallada.-

Modernamente ha sido discutida una probeta de flexión entallada según Van Der Veen. La figura 3 reproduce la forma de la probeta y la disposición del ensayo, la entalla en V se hace en frío. La probeta se flexa hasta la rotura con una velocidad de carga de 20 mm/min. Para la determinación de la temperatura de transición se determina, entre otras, la altura g de la parte de rotura con deformación (figura 3 b). La temperatura de transición está en $g = 32$ mm

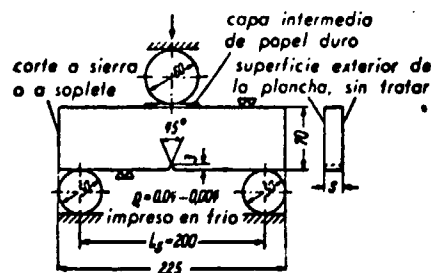


Figura 3 a.
Probeta de flexión entallada y dispositivo de ensayo s/van Der Veen



Figura 3 b.
Altura de la rotura con deformación en la cara de la rotura de la probeta de flexión entallada s/fig.3

4- Ensayo de tracción en probeta entallada por un lado.-

Mediante una forma apropiada de la probeta de tracción, se fuerza también en el ensayo de tracción un esfuerzo semejante en la sección peligrosa como en el ensayo de flexión.

Una tal probeta, ideada en Estados Unidos, la probeta Navy-Tear-Test (probeta de marina). La figura 4 muestra las dimensiones de esta probeta.

En la zona elástica se presenta en el centro del fondo de la entalla de esta probeta, un estado de tensión multiaxial, en el cual, la tensión longitudinal corresponde aproximadamente a ocho veces el valor de la tensión media y la tensión transversal aproximadamente al valor sencillo de dicha tensión. Los ensayos se hacen con probetas de diferente espesor (10-30 mm) a diferentes temperaturas y con una velocidad de avance de la máquina de ensayo, de 1 mm/min. aproximadamente. Se determina la fuerza que es necesaria para producir la primera fisura en la entalla (fuerza máxima). A continuación se determinan por el diagrama fuerza-recorrido, las aportaciones de esfuerzo hasta la primera fisura A_1 y desde esta hasta la rotura A_2 , tomándose como medida de la tenacidad la relación $A_2 : A_1$

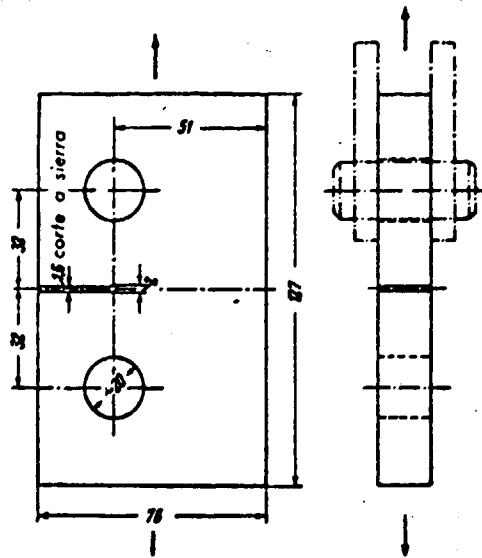


Figura 4

Probeta de tracción entallada según Kahn (probeta de tracción entallada de marina)

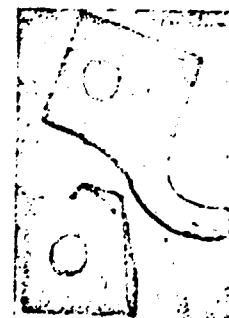


Figura 5

Probeta de tracción entallada de marina rota según la fig. 4, con la sección de corte a sierra transversal a la dirección del laminado.

Hay que tener en cuenta que los resultados dependen grandemente de la fabricación de la entalladura, y así, por ejemplo, si el taladro de 2 mm se pule adicionalmente después del taladrado, se puede disminuir la relación $A_2 : A_1$ en más de la mitad. Igualmente, las probetas, en las cuales el corte esté colocado no paralelo, sino transversal al sentido de laminación, son inadecuadas para el ensayo del material (figura 5)

5- Ensayo de plegado.-

Soldadura de costuras a tope.-

En el ensayo de plegado de soldaduras de costuras a tope, se coloca la probeta sobre los rodillos de apoyo y se flexa alrededor de un punzón, tomándose como característica de la capacidad de deformación, el ángulo de flexión de la probeta sujeta cuando presenta la primera fisura claramente visible. Ocasionalmente se toma el alargamiento de la fibra exterior para enjuiciar la capacidad de deformación. La medición del alargamiento de las marcas hechas sobre la probeta, puede dificultarse por la posición de la rotura y tiene sentido solamente si se considera la repartición del alargamiento y el valor se refiere a una longitud de medida unitaria fijada lo más pequeña posible, (figura 6).

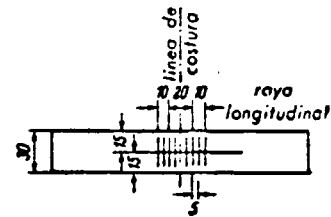


Figura 6

Probeta de plegado con la división de las marcas de medición de alargamiento s/DIN 50121. Las marcas no pueden hacerse muy profundas y no pueden llegar hasta el canto de la probeta.

El ángulo del plegado depende de los siguientes factores:

1. Formación y estado de la probeta, a saber: forma y dimensiones de la probeta, estado de la superficie (quitado del cordón); ángulo del chafión en V o X, relación de la resistencia a la tracción del material de soldadura a la del material de base.
2. Disposición y ejecución del ensayo, a saber: posición de la costura de la raíz en el ensayo, distancia entre apoyos, diámetro de los rodillos de apoyo, diámetro del punzón, velocidad de deformación en el

ensayo.

Han sido conocidos pocos trabajos en los cuales se haya investigado sistemáticamente la influencia de estos factores. Frecuentemente es difícil separar entre sí las distintas influencias y lograr una afirmación valedera para todas las condiciones de soldadura y materiales.

De los conocimientos que hay hasta ahora se pueden deducir las siguientes reglas:

La forma de la probeta tiene que ser lo más sencilla posible; mediante el perfilado de la costura o aportación de entalladuras, se incide la deformación y con ello se influye desfavorablemente sobre el ángulo de plegado. La relación del ancho b de la probeta a su espesor a , se elige 1:6 y 1:1. La influencia de esta relación sobre el resultado, no ha sido investigado hasta ahora. En anchos iguales de probetas se obtienen, en general, menores ángulos de plegado con espesores crecientes. En probetas con costura elaborada por ambas partes, se encuentran mayores ángulos de plegado que en probetas elaboradas de un solo lado. Pequeños ángulos de achaflanado (60°) parecen ser más favorables que los grandes (90°). Como más desagradablemente se influye en el ángulo de plegado, es por la diferencia entre la resistencia a la tracción (dureza) del material de soldadura y la del material de base. En probetas con dureza demasiado grande en el material de soldadura, se deforma prácticamente sólo el material de base. Además la soldadura, durante el ensayo, intenta eludir la zona de la máxima deformación. Si el lado de la raíz de la costura en V, o bien el lado de la probeta con el menor ancho de costura, está colocado en el lado de compresión de la probeta, se lograrán mayores ángulos de plegado que inversamente. Aumentando la luz entre apoyos se puede lograr que todas las probetas soporten un ángulo de plegado de 180° sin grietas. En cambio, la influencia del diámetro de los rodillos de apoyo se hace menos perceptible, y aumentando

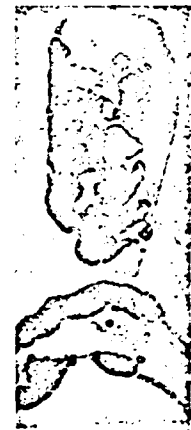


Figura 7
Ensayo de plegado falseado por excesiva dureza del material de soldadura.

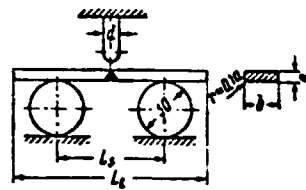
el diámetro de ellos, puede influirse favorablemente sobre el ángulo de plegado, porque con una luz constante entre ellos, aumenta la distancia entre apoyos. Con un diámetro de punzón decreciente, se estira más fuertemente la zona sobre el lado de tracción de la probeta, y con ello, naturalmente, aparece la primera grieta a menores ángulos de plegado, y puesto que esta influencia sobre el resultado es grande, hay que agregar siempre el diámetro d del punzón, al resultado obtenido (p.ej., el ángulo de plegado $\alpha = 90^\circ$ con $d = 2, a$

Las influencias descritas sobre el resultado de los ensayos de plegado hacen necesaria una unificación de las condiciones de ensayo. En Alemania sirve la norma DIN 50 121 (Edición 11.1952) (figura 8).

En esta norma están fijadas las siguientes condiciones:

- . Forma de la probeta: Barra sin perfilar con cantos redondeados ($r \sim 0,1 a$) en el centro del lado de tracción (figura 8).
- . Grueso de la probeta: $a \geq 5$ hasta ≤ 30 mm
- . Ancho de la probeta : $b = 30$ mm (por debajo de $a = 10$ mm, también 20mm).
- . Estados de superficies: en general, se elabora el cordón de soldadura al grueso de la probeta. Aplanar la superficie sobre el lado de tracción de tal modo que no queden estrías. En gruesos de plancha de más de 30 mm quitar el material sobre el lado del menor ancho de la costura, hasta un grueso restante de 30 mm.
- . Angulo de achaflanado: no está fijado.
- . Relación de la resistencia a la tracción del material de aportación a la del material de base, sin fijar. En DIN 50 127 está prescrito que la resistencia a la tracción del material de soldadura no debe ser mayor que un 25 % más elevada que la del material de base (determinación con ayuda de la dureza Brinell)
- . Posición de la costura de la raíz en el ensayo: regularmente en el lado de compresión de la probeta.
- . Luz entre apoyos: $L_g = D + d + \text{aprox. } 3 . a$
- . Diámetro de los rodillos del apoyo : $D = 50$ mm
- . Diámetro del punzón de plegado: $d \sim 2, a$ y $\sim 3 . a$

- Velocidad de deformación durante el ensayo: Avance del punzón, aprox. 1 mm/seg.



$$d = a; 2a; 3a \text{ ó } 4a,$$

$$l_1 = 50 \text{ mm} + d + \text{aprox. } 3a,$$

$$l_2 = 250 \text{ mm (hasta } a = 20 \text{ mm),}$$

$$l_3 = 300 \text{ mm (} a > 20 \text{ mm hasta } 30 \text{ mm).}$$

Figura 8

Forma de probeta y dispositivo de ensayo para el ensayo de plegado según DIN 50 121.

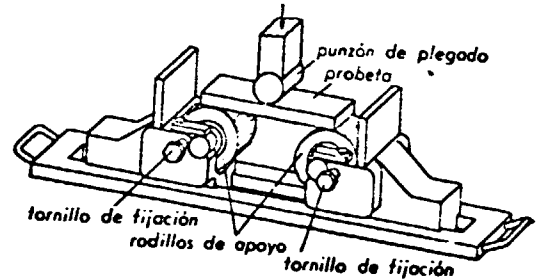


Figura 9

Dispositivo para ajustar la posición media de la soldadura durante el ensayo de plegado.

Con la disposición dibujada en la figura 8 pueden deformarse las probetas hasta un ángulo de plegado de unos 150°. Al colocarlas sobre los rodillos tienen que alinearse cuidadosamente para que no se deformen parcialmente (estirado oblicuo). En muchos casos tiene que interrumpirse la deformación al principio del ensayo, y para evitar el estirado oblicuo de la probeta y acortar simultáneamente el tiempo de ensayo, Hahn ideó un dispositivo según las figuras 9. Si uno de los lados de la probeta se estira más que el otro, y por lo tanto la probeta se estira oblicuamente, se obstruye el rodillo soporte del lado que deforma más fuertemente; con ayuda del tornillo de fijación, hasta que la soldadura tenga otra vez la posición centrada. Para que la probeta no resbale sobre los rodillos de apoyo, sus superficies laterales están moleteadas.

Si las probetas deben probarse con un cordón de soldadura sin quitarlo del lado de compresión, el punzón de plegado tiene que tener el correspondiente hueco. La figura 10 muestra un punzón de esta clase usual en Estados Unidos. La siguiente deformación hasta $X = 180^\circ$ puede hacerse de diferentes maneras, y el deslizamiento de las probetas en esta deformación siguiente, puede impedirse con una disposición según la figura 11 entre las placas compresoras de una máquina de ensayo.

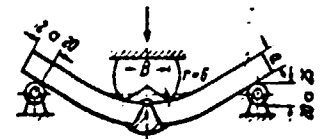


Figura 10

Disposición de ensayo para la prueba de plegado.

El ensayo de plegado se utiliza, en general, sólo para espesores de probetas de más de 5 mm porque es difícil una soldadura de chapas finas sin aleación mutua de ambas planchas a soldar y es usual un recargue de la costura de mayor tanto por ciento del espesor de la chapa. La única posibilidad de forzar la deformación de la costura soldada es el perfilado de la probeta, como se recomienda en el DIN 50 121 y se utiliza en la prueba de soldadura de botellas para gases a presión entre otras (figura 12). En muchos casos se puede deformar una probeta de plegado hasta los 180° sin rotura en la soldadura para enjuiciar la calidad de la soldadura por las superficies de rotura, tienen que agudizarse las condiciones del ensayo. Kautz propuso hacer en tales casos el ensayo de plegado con una probeta taladrada (DIN 50 127) en un punzón de $d = a$. La ventaja de esta probeta en comparación con la probeta de plegado según DIN 50 121, está además, en que se impide el estirado oblicuo unilateral en la deformación, con lo que la máxima deformación aparece siempre en la soldadura. Para enjuiciar la soldadura se saca el ángulo de plegado alcanzado hasta la primera grieta metálica y tiene que tenerse en cuenta que este ángulo es siempre menor que el de una probeta sin perfilar.

6- Soldaduras de costuras en ángulo.-

Para determinación de la capacidad de deformación de las costuras en ángulo puede servir la llamada probeta de plegado con alma, según la figura 13. Esta probeta se deforma con el alma en el lado de tracción en un dispositivo de ensayo hasta la primera grieta, y se mide el ángulo de plegado de ambos lados (tabla 1), tipo "0". El valor medio se indica como

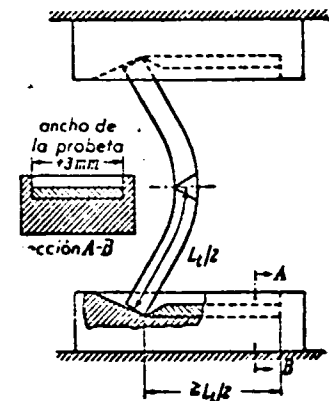


Figura 11
Dispositivo para la deformación posterior de las probetas de plegado hasta $\alpha = 180^\circ$

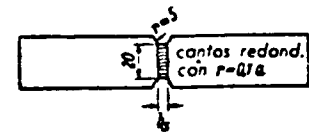
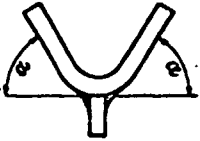





Figura 12
Probeta de plegado redondeada para espesores de probeta por debajo de 5 mm según DIN 50 121

característica para la capacidad de formación y adicionalmente a este coeficiente, puede indicarse la clase de rotura según la Tabla 1.

TABLA 1 : REPRESENTACION DE LAS CLASES DE ROTURA DE LAS PROBETAS DE PLEGADO CON ALMA, según la figura 13.

	Tipo "0": sin defecto
	Clase de rotura 1: grieta que empieza al pie de la costura soldada y solo se propaga dentro de la zona de influencia.
	Clase de rotura 2: grieta que empieza al pie de la costura soldada y se propaga hasta el material de la base sin influir.
	Clase de rotura 3: rotura repentina a través del material de base, que por lo regular parte del pie de la costura soldada.

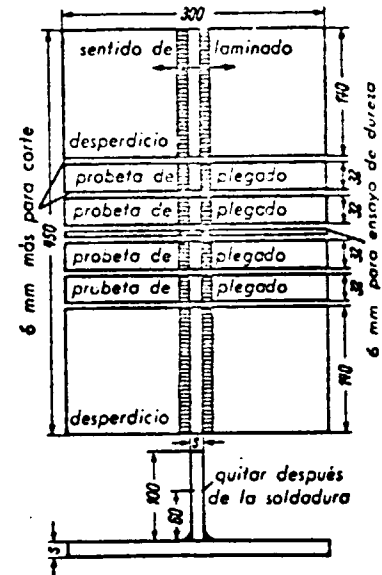


Figura 13
Probeta de plegado con alma.

7- Soldadura de tubos.-

De las soldaduras de tubos con un diámetro desde 90 mm en adelante, pueden tomarse probetas de plegado o de plegado entalladas, y ensayarse, pero las soldaduras de tubos con diámetro = 90 mm se prueban enteras, según una propuesta de Czernasty; figura 14.

Probetas de rotura:

Tales probetas sirven en primer lugar para la demostración de una soldadura perfecta, y menos para prueba

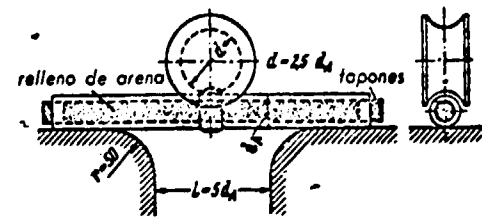


Figura 14
Dispositivo de ensayo para el ensayo de plegado en soldadura de tubos.

de la capacidad de deformación, por lo que tienen que estar hechas de tal manera que sea posible la "apertura" de la costura soldada.

8- Soldadura de costuras a tope.-

Para la "apertura" de las soldaduras a tope son apropiadas, sobre todo, las probetas de tracción entalladas y las de plegado entalladas. Es desventajoso el hecho de que una parte de la costura soldada, que es posible sea la que tenga la mayor falta, se pierda con el taladro. Para enjuiciar una mayor longitud de costura hasta en la mayor parte de los casos una soldadura de prueba de unos 100 mm de ancho, cuya sección transversal de soldadura ha sido debilitada por un corte de unos 2 a 5 mm de profundidad aserrado, fresado o burilado. Para facilitar la rotura de esta probeta puede enfriarse, antes del ensayo, en un baño frío.

9- Soldadura de costuras en ángulo.-

En Alemania son usuales para esto la probeta en ángulo (figura 15) y la probeta en cuña (figura 16), soldándose según DIN 50 127 (edición 1.1959) dos probetas en cada caso, una detrás de otra sucesivamente. La probeta en ángulo se sujeta en un tornillo de banco y se rompe a golpes de martillo

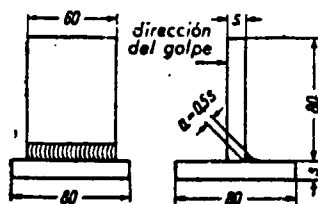


Figura 15
Probeta en ángulo según
DIN 50 127

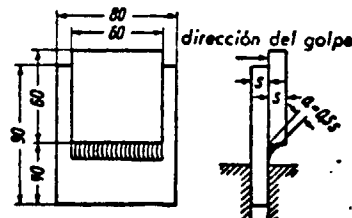


Figura 16
Probeta en cuña según
DIN 50 127

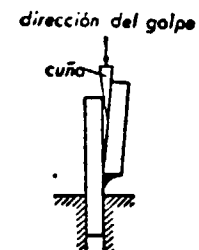
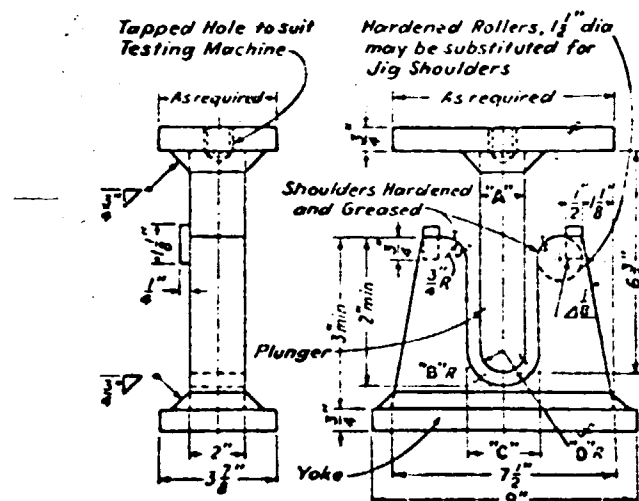
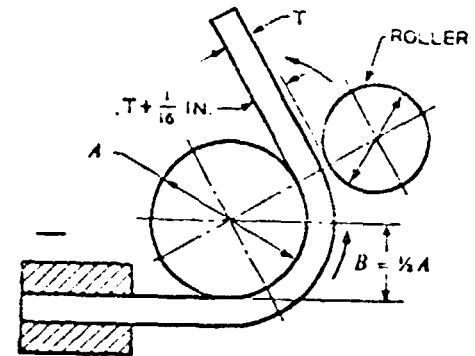
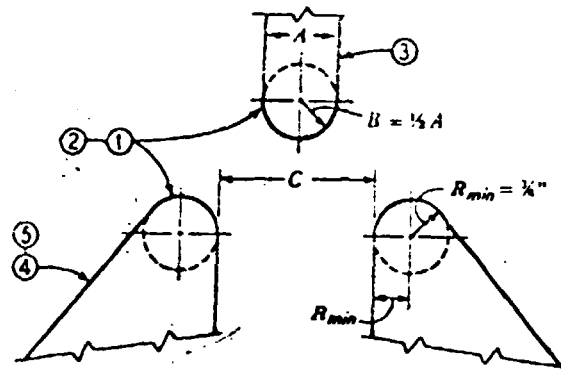


Figura 17
Desprendimiento de
una probeta con cuña.

llo (véase la dirección de los golpes en la fig. 15) o se deforma en una prensa hasta la rotura de la costura. La probeta en cuña se rompe a martillazos o con una cuña o cincel, hasta la rotura de la costura soldada (figura 17).



Espesor de la muestra.	A In.	B In.	C In.	D In.	Material
$\frac{3}{8}$ t	$1\frac{1}{2}$ $4t$	$\frac{3}{4}$ $2 t$	$2 \frac{3}{8}$ $6t + 1/8$	$1 \frac{3}{16}$ $3t + 1/16$	Todos otros
$1/8$	$2 \frac{1}{16}$	$1 \frac{1}{32}$	$2 \frac{3}{8}$	$1 \frac{3}{16}$	P-23 y SB-171 Alloy 628
$\frac{3}{8}$ t	$2\frac{1}{2}$ $6 \frac{2}{3} t$	$1 \frac{1}{4}$ $3 \frac{1}{3} t$	$3 \frac{3}{8}$ $8 \frac{2}{3}t + 1/8$	$1 \frac{11}{16}$ $4\frac{1}{2}t + 1 \frac{1}{16}$	P-11 y P-25
$1/16 - 3/8$ in. incl	$8 t$	$4 t$	$10t + 1/8$	$5t + 1/16$	P-51
$1/16 - 3/8$ in. incl	$10 t$	$5 t$	$12t + 1/8$	$6t + 1/16$	P-52



Espesor de la muestra	A in.	B In.	C In.	Material
3/8 t	1 1/2 4t	3/4 2t	2 3/8 6t + 1/8	Todos otros
1/8	2 1/16	1 1/32	2 3/8	P-23 y Sb-171 Alloy 628
3/8 t	2 1/2 6 2/3t	1 1/4 3 1/3t	3 3/8 8 2/3t + 1/8	P-11 y P-25
1/16 - 1/8 in. incl.	8t	4t	10t + 1/8	P-51
1/16 - 1/8 in. incl.	10t	5t	12t + 1/8	P-52

Espesor de la muestra	A In.	B In.	Material
3/8 t	1 1/2 4t	3/4 2t	Todos otros
1/8	2 1/16	1 1/32	P-23 y SB-171, Alloy 628
3/8 t	2 1/2 6 2/3t	1 1/4 3 1/3t	P-11 y P-25
1/16-3/8 in. incl.	8t	4t	P-51
1/16-3/8 in. incl.	10t	5t	P-52

SOLDADURA POR RESISTENCIA

1- Métodos de soldadura que utilizan corriente eléctrica y presión.

Los métodos que se exponen en este capítulo necesitan corriente eléctrica y presión de forja para realizar la soldadura, y de esta forma se pueden considerar como una extensión del método de soldadura por forja que utilizan los herreros. Las necesidades de corriente de estos procesos superan las de la soldadura por arco. La resistencia que genera el calor de soldeo es la de la pieza. Es mucho más pequeña que la resistencia de un arco, y para compensarla, tienen que emplearse corrientes mucho más elevadas.

Las máquinas de soldadura por resistencia que producen tales corrientes son grandes y bastante caras y no se transportan tan fácilmente como la mayor parte de las de soldeo por arco. Por tanto, es la pieza la que ha de llevarse a la máquina. Sin embargo, hay pequeñas máquinas portátiles de soldadura por puntos que pueden acoplarse a una máquina convencional de soldadura por arco, pero el campo de aplicaciones a que pueden acomodarse es limitado, y muchos modelos tienen un limitado factor de marcha que a menudo es una contrariedad para el comprador. Estas pequeñas soldadoras por puntos se utilizan solamente para casos provisionales, no para el trabajo continuo de una línea de producción.

Otro método de soldadura por corriente y presión de forja es, la soldadura de esparragos, las pistolas para esparragos, sin embargo, pueden funcionar como accesorios con las máquinas de soldadura al arco y normalmente no necesitan un transformador de soldadura por resistencia.

2- Soldadura por puntos.

El soldeo por puntos es el más común y simple de los procedimientos de soldadura por resistencia, y se hace en cuatro etapas, cada una de las cuales ocupa sólo una pequeña fracción de segundo:

- 1) Período de presión. En este período el electrodo ejerce la presión necesaria sobre las chapas a soldar.
- 2) Período de soldeo. La corriente circula fundiendo un botón de soldadura en la interfase entre las chapas. La presión se mantiene.

- 3) Período de mantenimiento. La corriente se corta y el botón de soldadura fundida solidifica bajo la presión del electrodo
- 4) Período de separación. El electrodo se retira de la pieza y durante este período no puede circular corriente.

En el tipo más sencillo de transformador de soldadura por puntos, la bobina secundaria suministra un voltaje a los electrodos de 1 a 10 V y una gran corriente. La soldadura de materiales de resistencias eléctricas diferentes, o de distintos espesores del mismo material, requiere un control del calor suministrado. El modo más simple de controlar este calor es mantener una corriente fija y variar el número de ciclos durante los que se mantiene el paso de la corriente. Muchos métodos de soldadura por resistencia, como el empleado en la soldadura de aeronaves, no pueden utilizar este sencillo control de calor, sino que, además de regular el número de ciclos del período de soldado, deben controlar la magnitud de la corriente.

El calor desarrollado entre los electrodos lo da la fórmula:

$$Q \text{ (vatios-hora)} = I^2 R t \text{ con } t \text{ en horas;}$$

$$Q \text{ (vatios-segundo)} = I^2 R t \text{ con } t \text{ en segundos}$$

Puesto que 3412 BTU = 1 kW-h, o bien, 0,24 cal = 1 W-segundos,

$$Q \text{ (en BTU)} = 3,412 I^2 R t \text{ con } t \text{ en horas} =$$

$$= \frac{3,412}{60 \times 60} I^2 R T, \text{ o aprox.} =$$

$$= 0,001 I^2 R t \text{ con } t \text{ en segundos}$$

o sea,

$$Q \text{ (en BTU)} = 0,001 I^2 R t \text{ con } t \text{ en segundos} =$$

$$= 0,000020 I^2 R t \text{ con } t \text{ en períodos de 50 ciclos}$$

$$Q \text{ (en cal)} = 0,24 I^2 R t \text{ con } t \text{ en segundos} = \frac{0,24}{60} I^2 R t =$$

$$= 0,0048 I^2 R t \text{ con } t \text{ en períodos de 50 ciclos.}$$

Suponiendo $R = 0,0001$, $I = 10\ 000$ A y $t = 5$ ciclos,

$$Q \text{ (BTU)} = 0,000020 I^2 R t = 1 \text{ BTU}$$

$$Q \text{ (cal)} = 0,0048 I^2 R t = 240 \text{ cal}^1.$$

Esta cantidad de calor es insignificante, pero se suministra a la pieza en un tiempo de sólo 0,1 s. La disipación es mínima y, por tanto, la zona afectada es extremadamente pequeña. Esta insignificante cantidad de calor es aproximadamente la que se requiere para unir por un punto dos chapas de acero inoxidable de 0,050 pulg. de espesor (1,27 mm).

La cantidad de calor generada es proporcional al cuadrado de la corriente, a la resistencia de los materiales situada entre los electrodos, y al número de ciclos del tiempo de soldeo. La resistencia de los materiales es el factor más importante después de la corriente de soldadura. Obviamente, la presión del contacto de los electrodos puede influir sobre la resistencia, forzando las dos chapas a soldar a un contacto más íntimo, reduciendo de esta manera dicha resistencia. Realmente, la resistencia de contacto, más la del metal, es la resistencia eléctrica total entre los electrodos. De las cinco resistencias predominantes, en serie con los electrodos, tres son de contacto:

1. Resistencia de contacto entre el electrodo superior y la chapa superior
2. Resistencia de la chapa superior
3. Resistencia de contacto entre las dos chapas
4. Resistencia de la chapa inferior
5. Resistencia de contacto entre la chapa inferior y el electrodo inferior.

El calor generado es proporcional a la magnitud de estas resistencias, la mayor de las cuales es la de contacto entre las dos chapas. En esta región es donde se forma el botón de soldadura.

Solamente se obtienen soldaduras uniformes si las chapas están limpias.

Los óxidos superficiales son causa de variaciones en el tamaño y resistencia de los puntos de soldadura. Esto es especialmente cierto en aluminio. La presencia de óxidos o suciedad puede aumentar diez veces o más la resistencia total entre los puntos de los electrodos.

Para obtener puntos de buena calidad y resistencia, se debe controlar la resistencia de contacto entre chapas. Esto puede hacerse de la siguiente forma:

Las dos chapas se sujetan una sobre otra con una pequeña pinza hidráulica y con una fuerza igual a la aplicada durante el soldeo. Esta fuerza puede determinarse por medio de un medidor de la presión hidráulica sabiendo la superficie del pistón. Se hace pasar por las chapas una pequeña corriente que se lee en un amperímetro. Un milivoltímetro indica la caída de tensión en las

chapas. La resistencia se calcula por la ley de Ohm. El circuito se indica en la figura 1.

Los metales de elevada resistencia eléctrica, tales como aceros al carbono o inoxidable, son más fáciles de soldar por puntos. Estos metales necesitan corrientes más pequeñas que los de baja resistencia, como el cobre, los cuales son más difíciles de soldar. En los metales de alta resistencia se genera más calor y, además, la gran conductividad térmica siempre va acompañada de baja resistencia, por lo que el calor no puede ser concentrado en la región de soldeo.

Figura 1

Medida de la resistencia de contacto para la soldadura por puntos.

Esto ocurre en metales como el aluminio y cobre. Las corrientes de soldeo, por tanto, deben ser superiores para los metales conductores con objeto de compensar las fugas de calor. Por razones similares, las chapas más gruesas necesitan corrientes más grandes, pues la "susceptibilidad térmica" aumenta con el espesor. Con fines comparativos, veamos las condiciones de soldadura por puntos de cuatro metales de conductividades térmicas diferentes (tabla 1). Se supondrá que van a soldarse dos chapas de 0,08 mm (0,032 pulg.) de espesor de cada uno de los siguientes materiales: acero inoxidable 304, acero dulce de bajo contenido de carbono, monel y aluminio. Las resistencias eléctricas específicas de estos metales a 21 °C (70 °F) son:

acero inoxidable 304	29 x 10 ⁻⁶ Ω/pulg.
monel	17 x 10 ⁻⁶ Ω /pulg.
chapa de acero bajo en carbono.	5 x 10 ⁻⁶ Ω /pulg.
aluminio 2 S.	1,1 x 10 ⁻⁶ Ω /pulg.

TABLA 1 : DATOS COMPARATIVOS DE LA SOLDADURA POR PUNTOS
(Dos chapas de 0,032 pulg. (0,8 mm))

Material	Fuerza del electrodo		Corriente, A	Ciclos de soldeo
	lib	Kg		
Inoxidable 304.	650	295	5 500	5
Monel.	300	136	7 000	4
Acero bajo carbono. . .	400	182	8 000	8
Aluminio 2S.	700	320	28 000	2

Los valores para el esfuerzo del electrodo, corriente y ciclos de soldeo son solamente simbólicos. La corriente aumenta con la conductividad eléctrica del metal, aunque no proporcionalmente. El período de soldeo para el aluminio se reduce a dos ciclos para que la soldadura se realice antes de que el calor aportado se disipe en las chapas.

3- Secuencia de desfasaje de los tiempos.

Para los períodos de presión, soldeo, mantenimiento y separación de electrodo de la soldadura por puntos, se necesitan cuatro mecanismos temporizadores para accionar cuatro relés. Los temporizadores deben ser ajustables con el fin de que el tiempo de cada operación pueda variarse.

Cada uno de ellos debe actuar sobre el siguiente, puesto que los cuatro períodos se suceden unos a otros. Cuando el operario presiona el pedal de la máquina, se cierra un contacto en el circuito de presión. Después de transcurrido el número de ciclos necesario para este período, el mismo circuito activa el contacto de soldadura. Nuevamente, después del número necesario de ciclos de soldeo, este circuito cierra un contacto que activa el circuito de mantenimiento. Este último cierra el contacto de separación, el cual actúa sobre el de presión. El ciclo puede repetirse indefinidamente cuando cada relé pone en funcionamiento al siguiente en la secuencia.

La figura 2 a) muestra un circuito sin retardo de tiempo. Cuando es cerrado el interruptor S (S puede ser el interruptor del pedal de una máquina de soldar por puntos), la corriente circula por el solenoide del relé, cerrando sus contac

Figura 2.

Cierre del contacto de un relé : a) sin retardo de tiempo;
b) con retardo; c) retardo por válvula de vacío.

tos y haciendo funcionar al circuito. El circuito operante podría ser el de presión, mediante el cual el electrodo superior presiona las chapas que se van a soldar.

Supóngase, en lugar de lo anterior, que el pedal interruptor conecte 110 V al relé de presión y que se requiere un retardo de tiempo antes de que comience el período de soldeo. Un temporizador debe entonces incluirse en el circuito. La figura 2 b) muestra un relé básico de retardo de tiempo. Ahora es conectada una capacidad en paralelo con el relé. Se podría emplear una bobina de inducción en vez de un condensador, pero estos son más baratos y más sólidos.

La figura 2 b) recoge la disposición más normal. Cuando se cierra el interruptor S, el circuito siguiente en la secuencia también se cierra, pero al mismo tiempo la capacidad C se carga a 110 V. Cuando el interruptor se abre, el condensador descarga electrones a la bobina del relé y lo mantiene cerrado por un corto tiempo, proporcionando así la acción de retardo. Para obtener un tiempo de retardo grande, es necesario utilizar un gran condensador, con un elevado valor de microfaradios (μf), que tiene por tanto una gran capacidad de almacenamiento de electrones. También, con una mayor resistencia de la bobina del relé, circulará menos corriente y el condensador podrá mantener por más tiempo su carga.

Aquí el objeto es cerrar el relé durante un corto período de tiempo después

después que S haya sido abierto. Cuando S está cerrado, un voltaje de unos 20 V se aplica a la rejilla del triodo. Este voltaje es suficientemente negativo para evitar que los electrones atraviesen la válvula, del cátodo al ánodo. La corriente, por lo tanto, no circula por el circuito de la válvula y el relé no se cierra. Después que el interruptor S se ha cerrado, el condensador del circuito de rejilla se carga a 20 V y almacena energía eléctrica. Cuando S se abre, el condensador C actúa como una fuente de electricidad, descargándose a través de la resistencia R. En el instante en que S se abre, la capacidad tiene un potencial de 20 V entre sus placas. La placa de abajo está a cero, o bien a tierra, y la de arriba a -20 V. Por tanto, el extremo superior de la resistencia R está también a -20 V.

Cuando la capacidad se descarga, su voltaje cae, el extremo superior de la resistencia R cae con éste, lo mismo que el voltaje de rejilla de la válvula.

Cuando este voltaje del condensador baja a unos -5 V, la válvula comenzará a conducir y la corriente aumentará hasta un valor suficientemente elevado para producir los amperios-vuelta necesarios que accionarán al relé.

4- Constante de tiempo.

La velocidad a la que se descarga un condensador, al principio es grande, pero disminuye con el voltaje entre sus placas. La figura 3 recoge un gráfico de esta descarga para un condensador cargado inicialmente a 100 V. El condensador tiene un valor de $1 \mu\text{f}$ y se descarga a través de una resistencia de 1 megohmio (1 millón de ohmios). En un segundo, el voltaje caerá a 36,8 V desde los 100 V iniciales, o sea 36,8 % de la carga inicial, aproximadamente $1/3$. En dos segundos, el voltaje ha descendido a 13,5, 13,5 % del voltaje inicial, realmente el 36,8 % del 36,8 %. En 3 s, el voltaje remanente es el 36,8 % del 36,8 % del 36,8 % del voltaje inicial y así sucesivamente.

Esta velocidad decreciente es característica de una gran mayoría de procesos técnicos en la industria y en la ciencia. El mismo tipo de descenso se encuentra en la radioactividad de los isótopos para los rayos gamma empleados en inspección de soldadura. En electricidad, se toma como medida del descenso el tiempo requerido para que la magnitud alcance el 36,8 % del valor inicial. En radioisótopos, la cantidad de radiación suministrada decae según la misma ley

Figura 3.

Velocidad de descarga de un condensador para una constante de tiempo de un segundo.

matemática, pero como medida se toma el tiempo en que la cantidad de radiación desciende al 50 % de la cantidad inicial, o sea, el tiempo llamado vida media. Así, el iridio -192, después de 74 días, produce solamente la mitad de la radiación que suministró el día 0, en 148 días (2 x 74), un cuarto, en 3 x 74 días un octavo, en 4 x 74 días un dieciseisavo y así sucesivamente. Es más fácil entender estas técnicas pensando en términos de vida media o tiempo del 50 %, como se hace en los trabajos de radiación, que en términos del 36,8 % de electricidad.

Este período de 36,8 % es llamado constante de tiempo de un circuito de retardo. No es necesariamente el tiempo de retardo que depende de la resistencia del circuito y de la cantidad exacta de amperios-vueltas requeridos para que el relé actúe. Algunos relés no funcionarán antes de tres o cuatro constantes de tiempo.

En el circuito de la figura 3, la constante de tiempo se tomó como 1 s. La constante de tiempo puede encontrarse para cualquier circuito multiplicando la resistencia del circuito en megohmios por la capacidad del mismo en microfaradios, esto es:

$$R \times C = \text{constant de tiempos en segundos.}$$

En la figura 3, 1 megohmio x 1 μ f = 1 s de constante de tiempo.

La expresión matemática para la curva de descarga es:

$$E = \frac{E_1}{e^{t/RC}}$$

Donde E = voltaje a los t segundos de comenzar la descarga

E_1 = voltaje inicial

RC = constantes de tiempo,

t = tiempos en segundos,

$e = 2,718$.

5- El contactor a ignitrones.

En el breve tiempo de solo unos pocos ciclos, normalmente menos de 20 o bien $1/3$ de segundo, el ignitrón debe cortar y conectar la gran corriente de soldado. El ignitrón, análogamente a una máquina de soldadura que suministra potencia al electrodo, no funciona en servicio continuo. Su factor de servicio es siempre menor del 30 % y durante esos cortos ciclos pueden pasar por él corrientes extremadamente altas sin quemarlo.

Un ignitrón, sin embargo, como otras válvulas eléctricas, es un mecanismo de corriente continua y solamente puede utilizar una polaridad. La corriente para soldadura de puntos es casi siempre alterna a 60 ciclos.

proporcionada por el transformador de la máquina. Con el fin de utilizar las dos polaridades de la corriente alterna, se emplean dos ignitrones en lo que se llama un circuito en oposición.

El símbolo para una válvula con gas interior es un círculo con un punto dentro. El ignitrón es una válvula de mercurio y utiliza este símbolo. Los dos ignitrones en oposición se muestran con sus ánodos marcados con A_1 y A_2 y sus cátodos con K_1 y K_2 . Cuando el punto 1 de la línea de c.a. es positivo y el punto 2 es negativo, se encenderá el ignitrón 1, mientras que el 2 no puede, porque su ánodo es negativo y no atrae a los electrones del cátodo. Cuando el punto 2 es positivo, se encenderá el ignitrón 2.

Los ignitrones llevan como cátodo un baño de mercurio líquido. Parte de este mercurio debe ionizarse antes del que el ignitrón pueda conducir.

El ignitrón, por esto, tiene un cebador en contacto con el baño de mercurio. Los dos cebadores se han designado I_{G1} e I_{G2} . Cuando se cierra el contacto C , de 20 a 40 A, circulan por el cebador para hacer conductora a la válvula. Supóngase, en este momento de cierre de C , positivo el punto 1, entonces la corriente electrónica circula desde el punto 2, por el cátodo K_1 , cebador I_{G1} , cebador I_{G2} , transformador de soldadura y sale al punto 1, tan pronto como la

ionización se ha establecido, la trayectoria de la corriente de electrones es desde 2 a K_1 , ánodo A_1 , transformador de soldadura, y punto 1. En el semiciclo siguiente, los electrones circulan desde el punto 1 al transformador, K_2 , A_2 y punto 2.

Con esta disposición, los electrones fluyen desde el cátodo al cebador en uno de los ignitrones y en dirección inversa, del cebador al cátodo, en el otro. La segunda corriente es perjudicial y produce el efecto de dañar el cebador y reducir la vida del tubo, los electrones no deberán circular hacia los cátodos.

Figura 4.

Contactador de ignitrones: a) circuito básico; b) con protección por rectificadores.

Para evitar esta corriente inversa, se añaden rectificadores estáticos al circuito como se ve en la figura 4 b). El símbolo de los rectificadores indica que los electrones pueden circular hacia la flecha, pero no en la dirección a que ésta apunta. Por medio de los rectificadores, la corriente puede circular solamente desde el cátodo al cebador.

En las máquinas de resistencia de muy elevadas corrientes, se pueden utilizar tiratrones para conectar los ignitrones. El circuito básico se indica en la figura 5 c). En él se incluye un interruptor accionado por la corriente de agua de refrigeración, para evitar el funcionamiento si la refrigeración falla. Conectando un voltaje negativo en V_1 y V_2 , conexiones de rejilla de los tiratrones, estos están imposibilitados para conducir. Por los ignitrones entonces no puede pasar corriente hacia el transformador. Estos conducirán cuan

do se aplique un voltaje positivo en V_1 y V_2 . Todo el sistema puede parecer una manera complicada de conectar y desconectar la corriente, pero como siempre, existen buenas razones. Las corrientes de las máquinas de resistencia suponen miles de amperios y un simple interruptor de palanca o cuchillas no se puede utilizar para cortar tan altas corrientes. Peor aún, las elevadas corrientes pueden tener que ser interrumpidas varias veces por segundo. Este es el tipo de trabajo más severo para un interruptor.

6- Control del calor.

El control de rejilla del tiratrón, además de interruptor, puede utilizarse para regular el calor, y también la corriente de los electrodos. El montaje se realiza con un mecanismo de retardo de tiempo para controlar el voltaje aplicado a los circuitos de rejilla V_1 y V_2 . Si no hay retardo, al aplicar un voltaje positivo a la rejilla del tiratrón, la corriente es máxima como indica la figura 5 a) y adelanta a la tensión, porque una máquina de resistencia como una máquina de arco, es una carga inductiva. En la figura 5 b) la rejilla del tiratrón se mantiene negativa hasta la mitad del semiciclo. En el punto A de éste, la rejilla se hace positiva, encendiendo el tiratrón y a su ignitrón. Los impulsos de corriente alterna en los electrodos son muy cortos, durando solamente de A a B, reduciendo así la corriente de soldeo.

Anteriormente se citó un ejemplo típico de soldeo por puntos de dos chapas de aluminio de 0,8 mm (0,032 pulg.) de espesor con 28 000 A y dos ciclos. Para tiempos de soldeo tan cortos, la corriente debe comenzar siempre en el mismo punto de la semionda del voltaje de 60 ciclos. Esto requiere una temporización exacta en cada ciclo, pues si no se hace así, no se suministrará la misma cantidad de calor en cada punto de soldadura, y los resultados llegan entonces a ser imprevisibles.

Debido al factor de potencia inductivo para la corriente de carga, la máquina de soldadura comenzará a absorber corriente en el punto 1 del ciclo de la figura 6. En este punto, la forma de onda permanece la misma en cada ciclo y se produce en cada uno el mismo calor. Ahora bien, si el contacto de soldeo cierra el circuito en el punto 2 del ciclo y se están utilizando solamente dos ciclos para soldar, como anteriormente se ha mencionado, se aportará más calor a la soldadura. Si el contacto se cierra en el punto 3 para hacer el si-

guiente punto, este recibirá mucho menos calor que el primero. Por lo tanto, todos los puntos de soldadura deben comenzar en el punto 1 del ciclo de corriente alterna si se quieren obtener resultados uniformes.

Figura 5.

Contactador de ignitrones por tiratrones: a) sin circuito de retardo en la rejilla de control del tiratrón; b) con circuito de retardo en aquella; c) montaje del circuito.

El control de soldeo que proporciona tal fidelidad en los puntos de comienzo recibe el nombre de "control síncrono".

El principio de control para las máquinas de resistencia tiene un significado diferente que para las máquinas de arco de potencial constante. Aquí significa que la corriente de soldeo comienza en un valor bajo y después crece, ciclo por ciclo, hasta el valor total.

Figura 6.

Efecto del comienzo irregular de la corriente de soldeo.

La cantidad que la corriente aumenta por ciclo es la pendiente. El control de pendiente se utiliza comúnmente en la soldadura de metales, tales como el aluminio. Con dicho control, las chapas de aluminio se reblandecen y permiten un asentamiento firme y completo del electrodo antes de que se aplique la corriente total para realizar el punto. Esta corriente se distribuye, de esta manera uniformemente por todo el área de contacto. No existen áreas de excesivas densidades de corrientes que produzcan chisporroteos, expulsión de metal, pegaduras o deterioros en el electrodo. La calidad de las soldaduras es también más uniforme.

La combinación de un imperfecto asentamiento de la punta del electrodo y las altas corrientes de soldadura empleadas con aluminio (p.ej., 28 000 A) casi con toda seguridad producirán efectos no deseados. Considérese la soldadura de chapas de aluminio con 28 000 A y supóngase que toda la corriente está limitada en la zona de la lenteja fundida, su posición algo errónea. El área fundida tendrá aproximadamente 4,2 mm (1/6 pulgada) de diámetro o bien 12,5 mm (1/2 pulgada cuadrada). Incluso con asentamiento perfecto de la punta del electrodo, la densidad de corriente es un número gigantesco.

El control de inclinación puede proporcionarlo cualquier máquina de soldadura que tenga control de calor por variación de fase. Un control de descenso de pendiente puede también ser necesario cuando se suelda aluminio. Tal control permite más bajas presiones de forja durante el tiempo de mantenimiento sin riesgo de que se produzcan grietas en la lenteja.

7- Máquinas para soldar por puntos.

Excepto las máquinas muy grandes, la mayor parte de las de soldar por puntos son de una sola fase. La potencia nominal de los transformadores se da para un factor de marcha del 50 %. El voltaje de salida de estos transformadores oscila entre 1 y 10 V, más bajo que el de los de soldadura por arco, siendo superiores las corrientes. La carga es inductiva y si el factor de marcha causara problemas se pueden utilizar condensadores para reducir el ángulo de desfase. El efecto inductivo de la espira que forman los brazos y electrodos de la máquina es muy fuerte, y cuanto mayores sean las dimensiones de dicha espira, peor será el factor de potencia.

A veces se utilizan máquinas de resistencia de alta frecuencia. La corriente de alta frecuencia rompe y atraviesa la película de óxido más fácilmente que

una de 60 ciclos. La frecuencia empleada supera los 100 kc y es producida por un oscilador electrónico que lleva la máquina. También se emplean máquinas con baja frecuencia, a menos de 60 ciclos. Estas máquinas se alimentan de una red trifásica, rectifican la corriente y la vuelven a transformar en monofásica de 25 ciclos o incluso menos. Puesto que la corriente trifásica procede de las tres fases de la línea, en lugar de una sola fase, tales máquinas suponen una carga más equilibrada para la red.

Ocasionalmente, la demanda de electricidad de una máquina de resistencia es demasiado fuerte para la red. Por ello, puede usarse una máquina con energía almacenada que absorba potencia trifásica durante los períodos de mantenimiento y separación del electrodo para cargar una batería de condensadores. Los condensadores alimentan a los electrodos durante el período de soldadura. La energía de soldeo puede también almacenarse en el campo magnético de un transformador de soldadura, en el tipo de equipo conocido como máquina de resistencia electromagnética. Estas máquinas suministran la energía a los electrodos en un tiempo muy corto y acumulan la energía eléctrica de la red en un tiempo más largo. Tales máquinas se utilizan a menudo para suministrar las grandes corrientes requeridas en la soldadura por puntos del aluminio (tabla 2).

TABLA 2 : POTENCIAS DE LAS MAQUINAS TIPICAS DE SOLDADURA POR PUNTOS PARA DOS CHAPAS DE ACERO DULCE LIMPIO. (1)

kVA	Espesor de cada chapa	Corto circuito (A)	Peso aproximado de la máquina	
			lib	Kg
20	Galga 14 (2,0 mm)	14 000	2000	910
30	Galga 12 (2,6 mm)	17 000	2100	960
50	1/8 (3,2 mm)	22 000	2300	1050
75	3/16 (4,8 mm)	27 000	2600	1190

(1) Los kilovoltiamperios nominales están basados en un factor de marcha del 50 %. Las corrientes de corto circuito dadas son para máquinas de brazos cortos. La corriente disponible disminuye para máquinas de brazos mayores debido al efecto inductivo.

Para trabajos muy pequeños, tales como la soldadura de elementos electrónicos,

deben emplearse microsoldadores. Un microsoldador muy pequeño puede tener una corriente de soldeo máxima de unos cuantos cientos de amperios y una presión para los electrodos de sólo unas pocas libras. En estas microdimensiones, la alimentación eléctrica de la máquina puede estar más próxima a los 110 V de la red, y sobre la máquina puede montarse un microscopio o estereoscopio para examinar el trabajo. Estas máquinas son aproximadamente del tamaño de una máquina de escribir.

Se utilizan dos tipos generales de mecanismos para ejercer la presión del electrodo móvil superior sobre las piezas. El electrodo se puede montar sobre un brazo basculante o puede moverse verticalmente en línea recta. Las máquinas que utilizan el primer método se denominan de "brazo basculante" y las que emplean el segundo son máquinas de "tipo prensa". La mejor calidad de los puntos soldados se obtienen con las máquinas tipo prensa que además pueden emplearse para la soldadura por protuberancias, que se describirá en el presente capítulo. Para presiones de electrodos muy grandes se necesitan máquinas prensa, donde la presión es aplicada por medio de un cilindro neumático que utiliza aire a unas 80 lib/pulg² (5,6 kg/cm²), o por medio de un cilindro hidráulico. Las máquinas de brazo basculante funcionan por palanca o por cilindros de presión. En estas máquinas, la presión máxima del electrodo disminuye cuando la longitud de los brazos aumenta, pues entonces la potencia de la palanca es menor al ser el brazo más largo.

Para trabajos de gran producción se fabrican máquinas multipunto con aplicaciones específicas, por ejemplo, para carrocerías de automóviles.

Como regla general, no es posible hacer puntos múltiples simultáneos empleando dos o más electrodos en paralelo, debido a la desigual distribución de la corriente entre los electrodos. Existen tres métodos para producir puntos múltiples:

1. Un transformador común para todos los electrodos y un cilindro hidráulico para cada uno de ellos. Los electrodos hacen contacto con la pieza, uno a continuación de otro.
2. Sistema de conmutador. El período de asentamiento es simultáneo y todos los electrodos toman contacto con la pieza al mismo tiempo. La corriente del devanado secundario de un transformador común para todos, se conecta sucesivamente a cada electrodo.

3. Transformadores y controles independientes para cada electrodo. Es el método preferido actualmente. Permite más de una soldadura en un mismo tiempo y también es más fácil de instalar, pues una máquina multipunto de este tipo es simplemente un conjunto de máquinas independientes de puntos y componentes normalizados. Tales máquinas pueden realizar un centenar o más de puntos en una sola operación.

8- Técnica de la soldadura por puntos.

Los puntos de soldadura deben hacerse en relativamente pocos ciclos de corriente por varias razones:

1. No debe permitirse que el calor se difunda fuera del área del punto.
2. El metal se reblandece y el electrodo puede hacerse un hoyo en la pieza si el tiempo es excesivo.
3. La resistencia eléctrica cambia constantemente con el calor de la pieza.
4. Los efectos del tratamiento térmico deben ser mínimos: una soldadura rápida en un acero inoxidable austenítico producirá una precipitación mínima de carbonos.

La densidad de corriente en la pieza se regula por el tamaño de la punta del electrodo. Los diámetros de punta normalizados son 3/16 de pulgada (4,8 mm), 1/4 de pulgada (6,4 mm), 3/8 de pulgada (9,6 mm), 1/2 de pulgada (12,8 mm), 5/8 de pulgada (16 mm), 3/4 de pulgada (19,2 mm), y 7/8 de pulgada (22,4 mm).

La densidad de corriente en la punta propiamente dicha, normalmente no mayor de 70 000 A/pulg.² (110 A/mm²), para evitar el deterioro de la punta.

Como ejemplo de las condiciones de servicio que el electrodo y su punta deben reunir, consideremos la soldadura de chapas de acero dulce de galga o calibre 16 (1,625 mm), con un electrodo con punta 1/2 de pulgada de diámetro (12,7 mm) utilizando 10 000 A y un esfuerzo de compresión de 300 kg (650 lib). Densidad de corriente en la punta = amperio por milímetro cuadrado:

$$(A/mm^2) = \frac{10\ 000}{(1/4) \ 3,14 \ (1,27)^2} = 83 \frac{A}{mm^2} \quad \text{La tensión en la punta, en}$$

$$\text{libras por pulgada cuadrada} \quad \frac{300}{(1/4) \ 3,14 \ (1,27)^2} \text{ kg/cm}^2 = 2,38 \text{ kg/cm.}$$

Cuando la pieza y el electrodo tienen la misma resistencia eléctrica, tienden a pegarse y, si se tienen que soldar dos piezas de diferentes espesores, se originan problemas por efecto del calentamiento. La chapa más gruesa tiene más resistencia y recibirá más calor. Esto puede corregirse utilizando una punta de diámetro más pequeño en la chapa más delgada, para aumentar la densidad de corriente, asegurando así una distribución más uniforme del calor. Un problema similar surge cuando se sueldan dos metales de diferentes conductividades eléctricas. El material de más conductividad debe ser mayor espesor para lograr el equilibrio térmico.

Teóricamente, la penetración de una soldadura por puntos sólo necesita ser de unas milésimas de centímetro para asegurar la unión de dos chapas.

Sin embargo, los puntos de soldadura hechos con esta penetración mínima, no son uniformes en diámetro ni en resistencia, por lo que se requiere normalmente una penetración mínima de un 20 % del espesor de la chapa. La penetración completa produce una soldadura resistente que, no obstante, es de mal aspecto debido al hundimiento del electrodo en la pieza, y es más perjudicial para la punta. La penetración máxima debe mantenerse en el 80 % de espesor de la pieza.

El tiempo de mantenimiento en la secuencia de soldeo tiene varias funciones. Durante este las chapas se mantienen en contacto por la presión del electrodo hasta que la zona fundida alcanza suficiente dureza y resistencia para realizar por sí misma esta función. El tiempo de mantenimiento también evita el agrietamiento y reduce la porosidad.

Una buena soldadura por puntos está condicionada por numerosos factores y variables, tales como la corriente, la presión y el diámetro de los electrodos, el número de ciclos de soldeo, el número de ciclos de mantenimiento y otros. A veces, una de las más importantes condiciones es ignorada: el estado de la superficie del metal. El polvo, contaminantes y óxidos pueden alearse con la punta del electrodo y quemar o agrietar la pieza. La capa superficial resultante de un tratamiento con fosfato, cinc o aluminio, aumenta grandemente la dificultad para realizar buenas soldaduras. El acero galvanizado requiere mayores esfuerzos y corrientes, y tiempos de soldeo más prolongados que un acero al carbono de iguales dimensiones no galvanizado, y el cinc puede alearse con la punta del electrodo, bajo ciertas condiciones. Análogamente, el acero aluminizado necesita más corriente y presión. En aceros más delgados, el revestimiento de galvanizado o aluminizado supone más proporción del espesor de la

chapa y las condiciones de soldeo se pueden adaptar más a las de revestimiento que a las de la chapa base.

Algunas veces, cuando la presión es insuficiente, se producen mordeduras en la pieza, debido a la resistencia más elevada entre pieza y electrodo.

La distorsión no puede evitarse sustituyendo la soldadura por arco por la soldadura por puntos. En esta, la distorsión se controla mejor soldando desde el centro de la chapa hacia los bordes.

En las tablas 3 a 5 se dan las condiciones típicas para la práctica de la soldadura por puntos. Es posible una considerable desviación de estos valores, especialmente si las especificaciones no son demasiado rígidas. Las pequeñas y baratas máquinas de soldeo por puntos que suministran una corriente fija en un número de ciclos fijo o variable, pueden soldar una amplia gama de espesores de muchos metales. Una lectura superficial de estas tablas podría dar a entender que tal campo de la soldadura por puntos no podría ser cubierto por dichas máquinas. En todos los casos, los valores de las tablas suponen un buen estado de las superficies y un perfecto ajuste de las chapas que se van a soldar. La columna de mínimo espacio entre puntos indica la distancia más corta a la que pueden situarse los puntos, sin que la corriente de soldeo se cortocircuite por el punto adyacente al que se está haciendo.

TABLA 3 : SOLDADURA POR PUNTOS DEL ACERO NORMAL Y GALVANIZADO BAJO EN CARBONO.

Espesor		Diámetro Punta		Esfuerzo electrodo				Ciclos soldeo		Corriente (A)		Diámetro zona fusión		Mínima distancia entre puntos	
				Normal		Galvanizado		Normal	Galvanizado	Normal	Galvanizado				
pulg	mm	pulg	mm	lib	kg	lib	kg							mal	nizado
0,021	0,53	3/8	9,6	300	136	400	180	6	9	6 500	10 000	0,13	3,3	3/8	9,6
0,032	0,81	3/8	9,6	400	180	600	270	8	12	8 000	12 000	0,16	4,0	1/2	12,8
0,040	1,02	1/2	12,8	500	225	700	320	10	14	9 000	14 000	0,18	4,5	3/4	19,2
0,060	1,52	1/2	12,8	800	360	1000	454	14	18	12 000	17 000	0,25	6,4	1	25,4
0,078	2,00	5/8	16,0	1100	500	1300	600	17	24	14 000	19 000	0,20	7,0	1 1/4	31,8
0,094	2,40	5/8	16,0	1300	600	1600	725	20	28	15 000	23 000	0,30	7,6	1 1/2	38,2
0,109	2,77	5/8	16,0	1600	725			23		17 500		0,32	8,0	1 5/8	41,4
0,125	3,20	7/8	22,4	1800	815			26		19 000		0,33	8,4	1 3/4	44,6

TABLA 4 : SOLDADURA POR PUNTOS DE ACERO INOXIDABLE AUSTENITICO

Espesor		Diámetro punta		Esfuerzo electrodo		Ciclo de Soldeo	Corriente (A)	Diámetro lenteja		Mínima distancia entre puntos	
pulg	mm	pulg	mm	lib	kg			pulg	mm	pulg	mm
0,021	0,53	1/4	6,4	400	180	4	3 000	0,10	2,54	5/16	8,0
0,031	0,81	3/8	9,6	650	300	5	4 800	0,13	3,30	1/2	12,8
0,040	1,02	3/8	9,6	900	400	6	6 200	0,16	4,00	5/8	16,0
0,060	1,52	1/2	12,8	1500	680	10	9 000	0,30	5,00	1	25,4
0,078	2,00	5/8	16,0	1800	800	14	11 000	0,27	6,80	1 1/4	31,8
0,094	2,40	5/8	16,0	2400	1100	16	12 500	0,28	7,00	1 3/8	35,0
0,109	2,77	3/4	19,2	2800	1280	18	14 000	0,28	7,00	1 1/2	38,2
0,125	3,20	3/4	19,2	3200	1450	20	15 500	0,30	7,60	2	50,8

TABLA 5 : SOLDADURA POR PUNTOS DE ALEACIONES DE ALUMINIO

Espesor		Diámetro punta		Esfuerzo electrodo		Corriente comienzo soldadura	Corriente soldadura	Ciclos de soldeo			Diámetro zona fusión.	
pulg	mm	pulg	mm	lib	kg			Ascenso	Solddeo	Des-can.	pulg	mm
0,020	0,50	5/8	16,0	350	160	12 000	25 000	2	3	12	0,12	3,0
0,032	0,82	5/8	16,0	500	225	14 000	39 000	3	4	15	0,16	4,0
0,040	1,02	5/8	16,0	600	270	14 000	40 000	4	5	15	0,18	4,5
0,064	1,62	5/8	16,0	750	340	15 000	42 000	6	6	16	0,25	6,3
0,081	2,00	7/8	22,4	860	390	15 000	45 000	7	10	20	0,30	7,6
0,102	2,50	7/8	22,4	1050	480	17 000	60 000	10	14	22	0,36	9,0

PROCESOS ESPECIALES.-1- Soldadura por resaltes:

La soldadura por resaltes es una variación de la soldadura por puntos. Los resaltes se hacen de antemano en una de las chapas a soldar: sobre la más gruesa de las dos si son de espesores diferentes. De esta forma, los resaltes determinan la posición exacta del punto y su área. Cuando pasa la corriente de soldeo, los resaltes se aplastan bajo la presión de los electrodos; de esta forma, las dos chapas quedan en perfecto contacto después de soldadas. Es normal para este tipo de soldadura, utilizar grandes corrientes y un número mínimo de ciclos de soldeo, así como electrodos anchos y relativamente bajas densidades de corrientes. Es especialmente ventajosa cuando se tienen que hacer muchos puntos simultáneamente.

La soldadura por resaltes se realiza con las máquinas de soldar por puntos de tipo prensa. Las de brazo basculante no son adecuadas. Los resaltes se hacen rutinariamente por medio de matrices.

Una aplicación bastante corriente de la soldadura por resaltes es la soldadura de varillas cruzadas, utilizadas en la fabricación de rejillas, barrillas, verjas, etc. Los puntos de contacto de las varillas cruzadas constituyen los resaltes para el soldeo. Las soldaduras se realizan con puntas de electrodo planas normalizadas o bien con puntas con ranuras en V. También se utilizan puntas especiales para realizar varias de estas soldaduras al mismo tiempo.

Los metales con baja resistencia al calor, como el aluminio o algunas aleaciones de cobre, raramente se sueldan por resaltes. Estos no deben ser tan rígidos que no puedan aplastarse, ni tan pequeños que no puedan producir suficiente calor en las chapas.

2- Soldadura por roldanas:

En la soldadura por roldanas, los dos electrodos se remplazan por roldanas de aleación de cobre y la pieza se desplaza presionada entre ellas. De esta forma, una máquina de roldanas puede realizar una soldadura continua. Una de las roldanas o las dos, pueden ir movidas a motor. La unión se realiza por

La serie de puntos superpuestos o espaciados a cortos intervalos por conexión y desconexión de la corriente de soldeo, sin quitar la presión de los electrodos circulares. El segundo método de puntos espaciados se denomina soldadura de puntos por roldana. Es un proceso similar a la soldadura por puntos con electrodo, excepto en que los tiempos de soldeo y mantenimiento son más cortos y las corrientes son más grandes. El espacio entre puntos se obtiene ajustando la velocidad de rotación de las roldanas y el tiempo equivalente al período de subida del electrodo en la soldadura por puntos normal. La corriente de soldadura puede aplicarse, ya cuando los electrodos se mueven, o bien cuando estén parados. La velocidad de las roldanas no puede ser muy grande, o la presión se apartará del punto soldado demasiado pronto, dando lugar a que se produzcan cavidades por contracción o grietas (tablas 1,2 y 3).

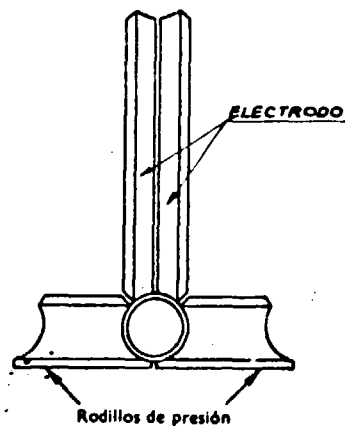


Figura 1

Soldadura continua por resistencia a tope de tubos.

Es posible realizar soldaduras continuas a tope por el método de resistencia, empleándose para el soldeo de costuras longitudinales de tubos y tuberías, donde no se desea una unión a solape. La figura 1 recoge un esquema de los electrodos y rodillos de presión para este tipo de soldadura.

Los rodillos de presión cierran la costura y el paso de una elevada corriente por los electrodos atraviesa la pieza, proporcionando el calor de soldeo. El metal de la región de la costura es llevado al estado plástico, pero no llega a fundir. También se utilizan otros métodos para el soldeo de uniones a tope, como el calentamiento por inducción.

TABLA 1: SOLDADURA POR ROLDANAS DE ACERO INOXIDABLE AUSTENITICO

Espesor		Anchura de la roldana		Esfuerzo de la roldana		Ciclos de soldado	Ciclo de intervalo entre puntos	Velocidad de la roldana		Puntos		Corriente (A)
pulg.	mm	pulg	mm	lib	kg			pulg/min	m/min	pulg	cm	
0,021	0,53	1/4	6,4	700	320	3	2	50	1,27	13	5,1	8 000
0,031	0,81	3/8	9,6	1000	453	3	3	50	1,27	12	4,8	10 500
0,040	1,02	3/8	9,6	1300	600	3	4	45	1,14	11	4,3	13 000
0,062	1,55	1/2	12,8	2000	900	4	5	38	9,60	10	3,9	15 000
0,078	2,00	1/5	16,0	2400	1100	4	6	36	9,10	8	3,5	16 000
0,094	2,40	5/8	16,0	2700	1270	5	6	36	9,10	9	3,5	16 500
0,125	3,20	3/4	19,2	3500	1600	6	6	35	8,90	8	3,1	17 000

TABLA 2: SOLDADURA POR ROLDANAS DE ACERO DULCE

Espesor		Anchura de la roldana		Esfuerzo de la roldana		Ciclos de Soldeo	Ciclos de intervalos entre puntos	Velocidad de la roldana		Puntos		Corriente (A)
pulg	mm	pulg	mm	lib	kg			pulg/min	m/min	pulg	cm	
0,021	0,53	3/8	9,6	500	225	2	2	75	1,90	12	4,8	11 000
0,031	0,81	1/2	12,8	700	320	3	2	72	1,80	10	3,9	13 000
0,040	1,02	1/2	12,8	900	400	3	3	67	1,70	9	3,5	15 000
0,062	1,55	1/2	12,8	1100	500	4	4	63	1,60	7	2,7	17 000
0,078	2,00	5/8	16,0	1500	680	6	5	55	1,40	6	2,3	19 000
0,094	2,40	5/8	16,0	1800	815	7	6	50	1,27	5½	2,2	20 000
0,125	3,20	3/4	19,2	2200	1000	11	7	45	1,14	4½	1,8	22 000

TABLA 3: SOLDADURA POR ROLDANAS DE ALEACIONES DE ALUMINIO

Espesor		Esfuerzo elect.		Ciclos de soldeo	Ciclos de inter valo en tra pun.	Velocidad de soldeo		Puntos		Corriente amp.
pulg	mm	lib	kg			pulg/min	m/min	pulg	cm	
0,020	0,51	550	250	1	3½	40	1,00	20	8,0	24 000
0,032	0,81	700	320	1	4½	40	1,00	16	6,3	29 000
0,040	1,02	750	340	2	5½	35	0,90	14	5,5	32 000
0,064	1,55	900	400	3	8	30	0,75	10	3,9	38 000
0,081	2,00	1100	500	4	11	25	0,60	9	3,5	41 000
0,102	2,55	1200	550	5	15	22	0,56	8	3,1	43 000
0,128	3,40	1300	600	7	21	18	0,45	7	2,7	45 000

3- Soldadura a tope por resistencia:

Este método es parecido a la soldadura por chisporroteo. Mediante él pueden soldarse a tope los extremos de tuberías, barras, perfiles extruidos, alambres y chapas. Las dos partes a unir se sujetan fuertemente con mordazas y se presionan una contra otra por sus extremos haciendo pasar una corriente a través de la unión de las dos piezas. La densidad de corriente oscila de 3,2 a 8 A/mm² (2000 a 5000 A/pulg²). Cuando la unión se calienta debido a su resistencia de contacto, la presión se aumenta y la unión se forja. La presión final puede ser hasta de 560 kg/cm² (8000 lib/pulg²). Esta presión debe ser estrechamente controlada: una presión demasiado baja puede producir una unión porosa, de baja resistencia mecánica, mientras que una presión excesiva, aplasta demasiado al metal, dando uniones con baja resiliencia. El metal de la unión no llega a fundir, alcanzando sólo el estado plástico. La rebaba resultante debe ser mecanizada después de la soldadura para llevar la unión a su dimensión deseada.

4- Soldadura por chisporroteo:

La soldadura a tope por resistencia se usa menos corrientemente que la de chisporroteo. Esta sirve para las mismas aplicaciones, realizando también soldaduras a tope de los extremos de las piezas. Las dos piezas a soldar se amarran y sus extremos se llevan a un suave contacto. La densidad de corriente es aproximadamente la misma que en la soldadura a tope por resistencia.

La corriente produce un chisporroteo a su paso por la unión que funde los extremos de las dos piezas. A continuación se aplica rápidamente una presión de 350 a 1750 kg/cm² (5000 a 25000 lib/pulg²) para realizar la unión, y cuando el material está forjado, la corriente se aumenta a valores que duplican la corriente inicial. La soldadura por chisporroteo se utiliza para unir los rollos individuales de redondos que a continuación van a sufrir un laminado continuo para fabricar tubos u otros productos que requieran el paso continuo a través de cilindros de laminación, para el soldeo de raíles de ferrocarril en longitudes ininterrumpidas u para otras muchas aplicaciones. El procedimiento es excelente para soldar metales distintos sin problemas de dilución.

Soldadura por chisporroteo

Cuando se sueldan a tope dos piezas de diferente resistencia eléctrica, el material de menor resistencia se coloca más lejos de la unión, con objeto de aumentar dicha resistencia (tabla 4)

La secuencia de operaciones en este tipo de soldadura puede ser la siguiente:

1. Transporte de la pieza a la máquina y sujeción de aquella con las mordazas.
2. Conexión a la fuente de voltaje de soldadura
3. Chisporroteo
4. Forja
5. Interrupción de la corriente
6. Desamordazar la pieza y retirarla.

TABLA 4: SOLDADURA POR CHISPORROTEO DE BARRAS MACIZAS REDONDAS O CUADRADAS

Diámetro de la barra		Distancia inicial de la mordaza a la unión		Tiempo de chisporroteo
pulg	mm	pulg	mm	s
1/4	6,4	0,20	5,0	2
1/2	12,8	0,42	11,0	4 1/4
1	25,4	0,83	21,0	13
2	50,8	1,63	41,5	90

5- Soldadura por percusión:

La soldadura por percusión es parecida a la de chisporroteo, puesto que también utiliza una súbita descarga de corriente a través de la unión para generar el calor de soldeo. Cuando las superficies a unir están en estado plástico, se sueldan por un golpe producido por un muelle o por un cilindro neumático. El arco eléctrico se extingue en el momento en que los extremos se unen, y se establece por uno de los cuatro métodos siguientes:

1. Por contacto entre las piezas, separándolas después y formándose el arco en el retroceso.
2. Aplicación de un voltaje lo suficientemente alto como para ionizar el espacio entre las dos piezas a soldar.
3. Por paso de la corriente a través de una junta que une las piezas de trabajo.
4. Empleando altas frecuencias

El arco se mantiene solamente durante una pequeña fracción de segundo, y, por lo tanto, en este tipo de soldadura se obtiene una pequeña zona térmicamente afectada, aproximadamente de unos 0,25 mm (0,010 pulg).

Por ello se recomienda para aceros inoxidable de todos los tipos: la precipitación de carburos es escasa en los aceros austeníticos, el crecimiento de grano no es pronunciado en los ferríticos y la zona endurecida es pequeña en los martensíticos. La corriente de corta duración casi siempre se obtiene por

descarga de condensadores, o algunas veces por la energía electromagnética almacenada en el transformador.

La soldadura de esparragos, es desde luego muy parecida a la de percusión en principio, pero aquella utiliza como fuente de energía una máquina de soldadura por arco.

SOLDADURA POR ARCO DE HIERRO FUNDIDO

La soldadura de hierro fundido presenta varios problemas para su soldadura por arco eléctrico:

1. Debido a su escasa tenacidad los esfuerzos originados por la dilatación y la contractación puede, y en general superar la resistencia, provocando agrietamiento.
2. El grafito se quema en el arco, por lo cual hay que reponerlo a través del revestimiento.
3. Otra parte del grafito va a solucionarse en el hierro, aumentando la cantidad de austenita y formando carburos de hierro, ambos duros y quebradizos.
4. Debido a que parte del grafito se quema, parte de los gases y los restos sólidos pueden quedar incluidos en forma de poros o inclusiones, o formando una capa entre el metal de base y metal de aporte impidiendo la interfusión.
5. La piel o capa superficial tiene que ser eliminada completamente, ya que por su naturaleza es un metal completamente diferente que el resto del metal de base.

Debido a lo expuesto anteriormente en la soldadura por arco, del hierro fundido hay que tener en cuenta los siguientes puntos:

- 1- El nombre "hierro fundido" cubre una amplia gama de diferentes materiales con diferentes composiciones, durezas y condiciones superficiales. Cada uno de estos materiales requiere un procedimiento especial el cual además depende de la forma y espesor de la pieza a soldar.

2- Preparación del trabajo :

Antes de empezar la soldadura hay que eliminar completamente la "Piel de fundición" en la zona de la soldadura con medios adecuados.

En caso de reparación todo metal defectuoso debe ser removido para obtener una barra sana para el cordón. Preparar los chaflores con ángulos entre 60 a 90 °. En piezas gruesas hay que dejar un talón de 6 mm. aproximadamente.

3- Pre calentamiento:

En muchos casos un pre calentamiento no es absolutamente necesario, pero es siempre útil para el relevamiento de tensiones internas y reduce las distorsiones.

La máxima maquinabilidad de metal de aporte y de la zona afectada por el calor se obtiene con un precalentamiento y un riguroso control de enfriamiento.

Se precalienta siempre la pieza si la temperatura ambiental es demasiado baja, a 100-120°C.

Si se debe soldar varios cordones, aportando mucho metal de aporte se recomienda precalentar la pieza hasta que tome un color rojo oscuro.

3- Técnica de ejecución:

- Se debe preferir con cordones cortos y pequeños.
- Si un vaiven es necesario, se debe cuidar que el ancho del cordón no exceda de 3 veces el diámetro del electrodo usado.
- En cordones, en la esquina se debe cubrir primero los lados y luego reconstruir el centro del cordón.
- Si se teme sobrecalentamiento local se debe soldar con cordones cortos, intermitentemente.

4- Martillado:

El martillado se efectúa cuando se prevén tensiones internas. Se debe hacer con martillo de bola, y golpes livianos para aliviar las tensiones.

5- Postcalentamiento:

El postcalentamiento es esencial para garantizar la maquinabilidad del metal de la zona afectada por el calor, adyacente a la zona de soldadura. La dureza de esta zona depende de la composición y de ritmo de enfriamiento. Por una pieza de composición determinada, un enfriamiento rápido aumenta la dureza en esta zona, asimismo un retardo en el enfriamiento disminuye la dureza. Precalentamiento, un cordón de soldadura adicional o cubrir la pieza con material aislante retarda el enfriamiento y reduce la dureza de la zona afectada térmicamente.

6- Material de aporte:

Para la soldadura de hierro fundido se utiliza electrodo con alto contenido de níquel, cuya ductilidad disminuye el peligro de agrietamiento, y como el níquel tiene un alto poder grafitizante disminuye la formación de carburos de hierro.

Según norma AWS se establece la siguiente clasificación de electrodos para la soldadura del hierro fundido:

Norma AWS	C %	Mn	Si	Fe	Ni	Cu	Otros
E Ni CI	2	1	4	8	80 min	2,5	
E Ni Fe CI	2	1	4	Resto	45-60	2,5	
E Ni Cu A	0,35-0,55	2,25	0,75	3-6	50-60	35-45	
E Ni Cu B	0,35-0,55	2,25	0,75	3-6	60-70	25-35	

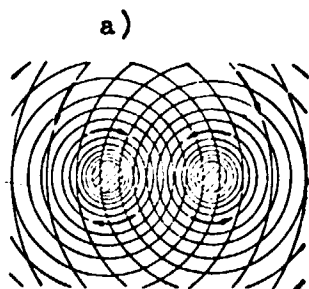
Estos electrodos se encuentran en el comercio entre 2,4 y 4,8 mm.

Debe utilizar rigurosamente la polaridad recomendada por el fabricante, asimismo soldar, con el amperage mínimo.

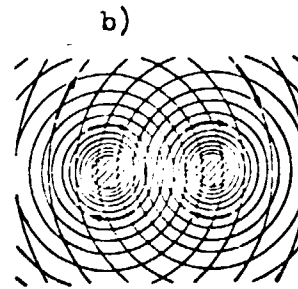
1- SOPLADO EN EL ARCO:

Un fenómeno que en la soldadura del arco puede hacerse notablemente molesto es el soplado del arco. Este se desvía por las fuerzas magnéticas y no va por el camino más corto desde el electrodo a la pieza, pudiendo aparecer fallas en la costura soldada por esta desviación. El arco intranquilo que se acorta y de nuevo se alarga, no funde suficientemente el material de base, y las gotas del electrodo salen lanzadas al espacio en pequeñas partículas. El electrodo "chisporrotea".

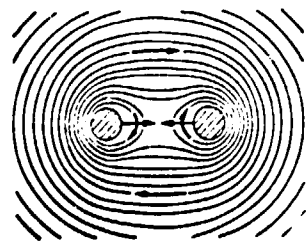
Mediante el cambio de sitio de la conexión a la pieza, variación del mantenimiento del electrodo y del paso de soldadura, se pueden limitar estos trastornos o evitarlos por completo.



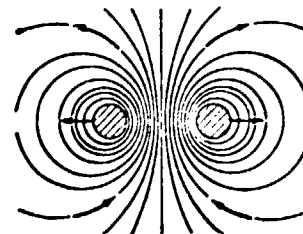
El campo alrededor de dos conductores con corriente en el mismo sentido, dibujado cada uno de ellos independientemente.



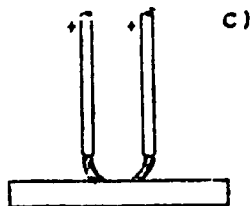
El campo alrededor de dos conductores con corriente en distintas direcciones, dibujado cada uno de ellos independientemente.



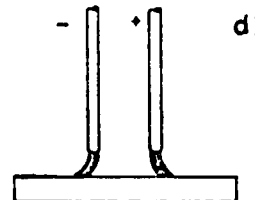
El campo resultante alrededor de dos conductores con la corriente en el mismo sentido.



El campo resultante alrededor de dos conductores con la corriente en diferentes direcciones.



Con igual dirección de la corriente se atraen dos arcos entre sí.



Con sentido opuesto a la corriente dos arcos se repelen entre sí.

Figura 1 : Campos Magnéticos.

Mediante el revestimiento de los alambres de soldar se disminuye grandemente el soplado del arco, y aunque los electrodos desnudos, en los cuales el arco se desvía fuertemente, se emplean ya poco, debemos entrar brevemente en las causas y las medidas para evitar el soplado, puesto que, con estos conocimientos se pueden evitar también los mínimos defectos de las costuras que puedan aparecer con los electrodos revestidos.

2-Explicación del efecto de soplado.-

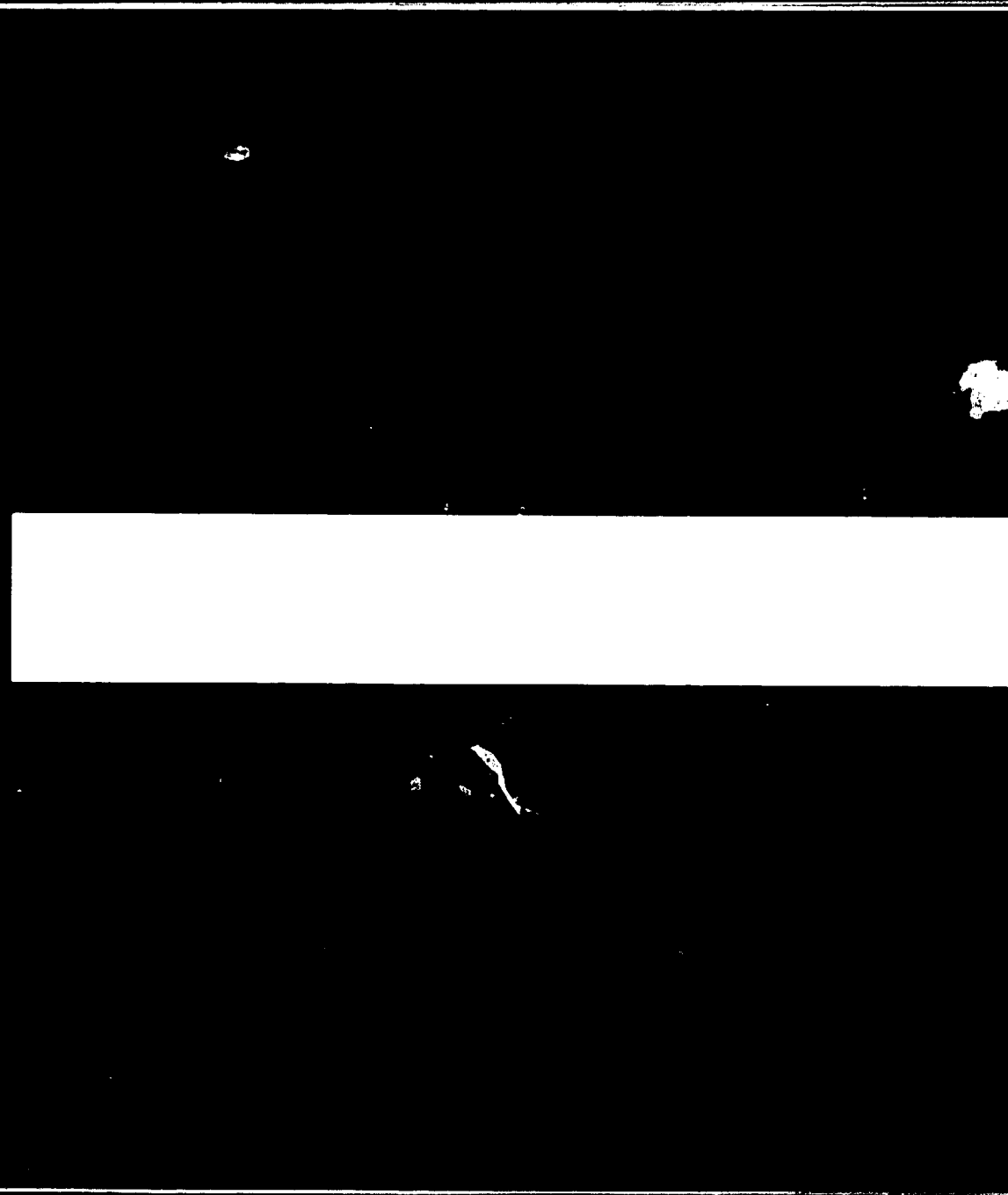
Alrededor de todo conductor por el que circule corriente, se forma un campo magnético y cuanto más alejadas están las líneas de fuerza del conductor, tanto menos espesas son y el campo se debilita. El sentido de la dirección de las líneas de fuerza es el de las agujas del reloj si la corriente circula en el sentido de la figura al lector (figura 1). Si la corriente de electrones circula en dirección opuesta, el sentido de giro sería el contrario al de las agujas del reloj.

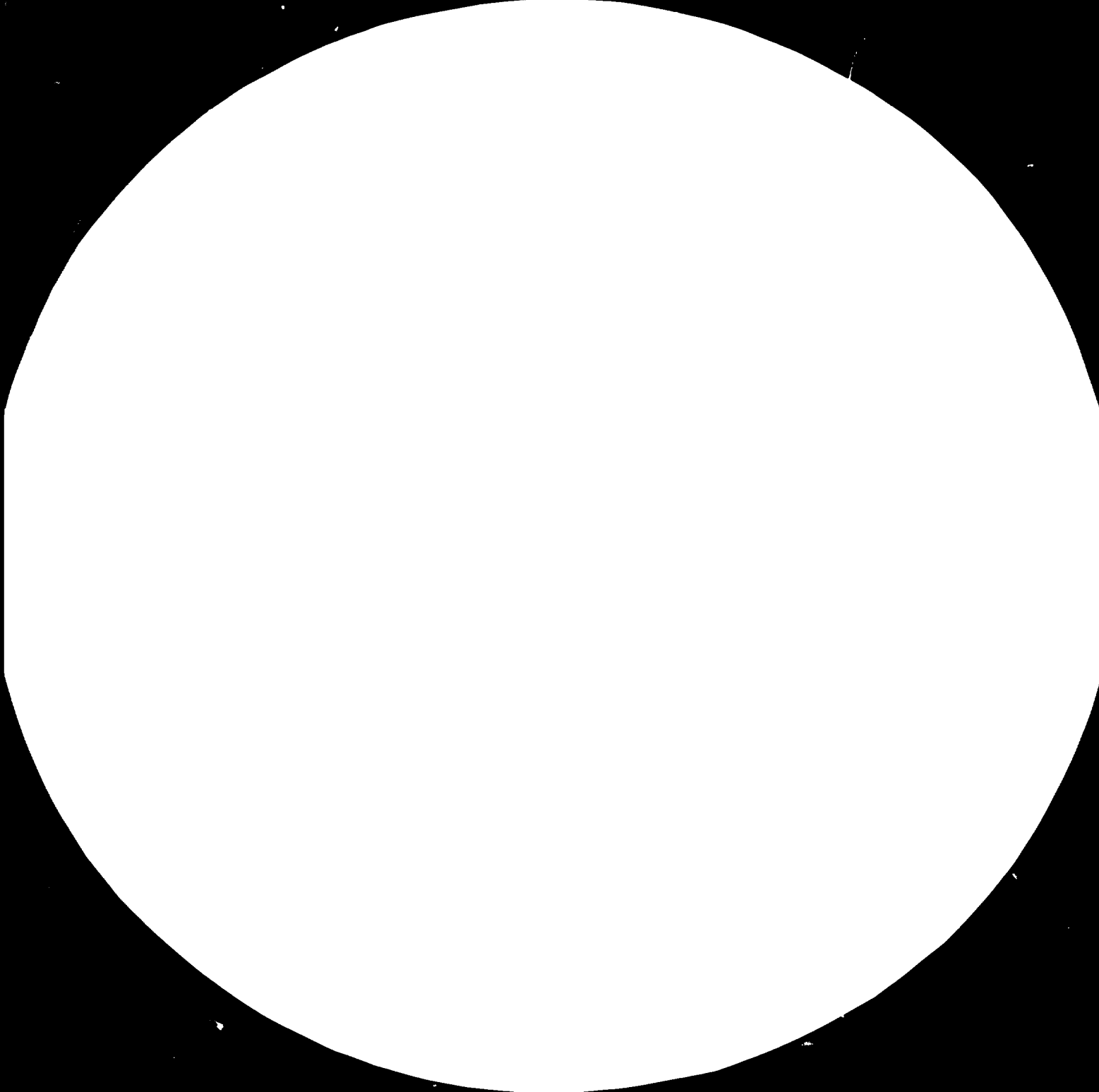
Si dos conductores están situados a pequeña distancia uno de otro, se superponen ambos campos formando un campo común. Con la misma dirección de la corriente, el campo resultante tiene el aspecto de la figura 1 a, y con direcciones opuestas el de la figura 1 b). En la figura 1 a, los distintos campos se neutralizan más o menos, y en el exterior se refuerzan, siendo las circunstancias inversas en la figura 1 b). Las fuerzas magnéticas que aparecen tienden a mover el conductor desde el sitio de mayor intensidad de campo al de menor intensidad; es decir, los conductores en la figura a) se atraen y en la figura b) se repelen.

Un arco es un conductor recorrido por la corriente y rodeado por líneas de fuerza magnéticas y por el efecto de estas líneas de fuerza se varía fácilmente su dirección. Por ej., si la corriente eléctrica circula en el mismo sentido (figura 1 c), los arcos se atraen hacia adentro, y en dirección contraria se desvían hacia afuera (figura 1 d) y tanto como si fuesen soplados y echados fuera por el viento. Por esto, este fenómeno se designa con el nombre de "soplado de arco".

3- Formación del campo magnético y desviación del arco.-

En la soldadura, aparecen campos magnéticos en la pieza recorrida por la corriente de soldar, y tanto para la formación del campo como la magnitud y







2.8



3.2



4



Method of the American Institute of Physics, NBS 1963, 38-10910-10A

Copyright © 1983 by National Bureau of Standards

la dirección de las fuerzas magnéticas, no se puede dar regla general alguna pues dependen de la forma de la pieza, aportación de la corriente, y de

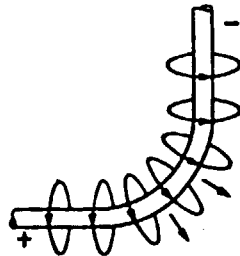


figura 2
Representación esquemática de las líneas de fuerza alrededor de un conductor curvado.

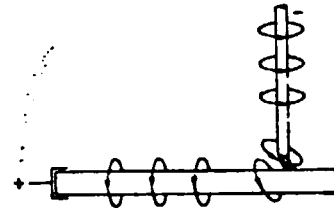


figura 3
Desviación del arco delante del punto de conexión.

la clase y dirección del circuito eléctrico en la pieza. La figura 2 muestra el campo magnético alrededor de un conductor curvado 90°, viéndose que en el lado interno del arco, el campo es más denso, y en el lado exterior, es más amplio, por lo que, en el lado interno de la curvatura aparece una fuerza magnética más fuerte, que está dirigida hacia afuera.

En la soldadura de piezas estrechas y aportación de la corriente por un lado aparece el caso descrito (fig. 3) y cuanto más se aproxime al punto de conexión, tanto más fuerte es la desviación del arco (fig. 4) Esta se pierde cuanto más lejos está del sitio de conexión, puesto que la corriente ya no tiene un camino tan definido. En el canto de un material no magnético

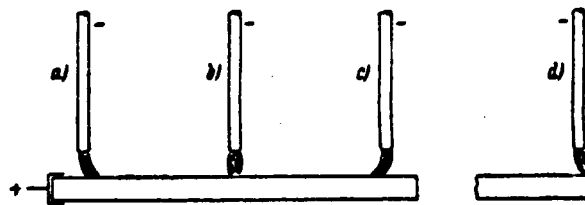


Figura 4
En material magnetizable se desvía del arco como sigue: a) delante de la toma de corriente, hacia adelante. b) el soplo ha desaparecido, c) la desviación es hacia adentro y las líneas de fuerza se atraen por el material. En materiales no magnetizables, en cambio, la desviación en el extremo de la pieza tiene lugar según d).

(p.ej., cobre, aluminio, acero austenítico al Cr-Ni, etc) continua la desviación hacia afuera y, en cambio, en todos los materiales magnéticos se atrae

siempre el arco desde el canto hacia el centro de la pieza. Las líneas de fuerza que salen del acero en el punto de contacto del electrodo son atraídas a causa de la mejor conductibilidad del material, apareciendo una fuerza dirigida hacia adentro, que es mayor que la de la figura d, y es tan fuerte que el arco se desvía. Si se mueve el electrodo hacia la toma de corriente, se pierde primero el soplado del arco hacia la mitad de la pieza (fig. 4 b), y si se aproxima hacia ella (fig. 4 a), se dirige hacia el lado opuesto.

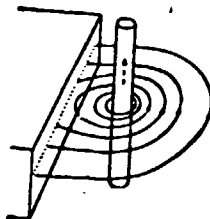


Figura 5
Variación del campo magnético alrededor de un conductor recto por medio de un cuerpo de acero.

La influencia magnética es especialmente molesta en la soldadura de la primera capa de las costuras a tope, pues por medio de la junta se forma otro campo de fuerzas, y puesto que el efecto de estas en el caso representado en la figura 4 c. es más fuerte que en el caso de la figura 2 (concentración de fuerzas en ambos flancos de costura), el arco se embute en la junta

En el centro de la costura se invierte la dirección del arco y se comprime sobre la costura ya hecha.

4- Desviación del arco mediante influencias exteriores.

Las grandes masas de hierro desvían el arco hacia ellas, y si un conductor pasa por la proximidad inmediata de una pieza de acero, las líneas de fuerza se aspiran por el acero, puesto que la conductibilidad magnética de éste es mayor que la del aire, y el conductor movable; p. ej., el arco, se atrae por medio de ello (fig. 5) En la soldadura en caliente actúa este fenómeno especialmente fuerte y la varilla de soldar se atrae con mayor fuerza a la orilla del baño de soldadura.

SOLDADURA DE ALEACIONES DURAS1- Aleaciones duras:

Las aleaciones duras se diferencian de los metales duros por su buena soldabilidad. Los metales duros constan de carburos de wolframio difícilmente fusible, mientras que las aleaciones duras son metales fundibles que muestran carburos en un metal portador fácilmente fusible, como cobalto o hierro (tabla 1).

TABLA 1 : ALEACIONES DURAS

Designación.	COMPOSICION QUIMICA EN %										Dureza R _c	Observaciones	
	C	Si	Mn	Cr	W	Co	Fe	Mo	Ni				
Cr-W-Co pobre en hierro	G 60	2,7	0,8	0,5	32	19	46	Resto				57...60	Alta dureza en caliente, buena resistencia a la corrosión, buenas propiedades de deslizamiento.
	G 55	2,2	1,2	0,5	25	14	55	Resto				51...55	
	G 45	1,2	2,2	0,5	28	4	62	Resto				42...45	
Cr-W-Co conteniendo hierro	G 45	1,7	2,0	0,5	28	6	32	29				42...46	Buena dureza en caliente y propiedades de deslizamiento.
Sin W y Co	G 55V	3,7	0,7	1,3	32	-	-	62				54...58 ²	Alta resistencia al desgaste por frotamiento.
	G 60V	4,3	0,2	0,7	32	-	-	62				56...60 ²	
pequeño contenido en cromo ledeburítico.	G 55V	2,3	0,5	1,0	5,0			Resto	4,0	-		56...58 ³	Especialmente capaz de resistir al desgaste por frotamiento en estado templado.
	G 55V	3,0	1,0	1,4	3,0			Resto	-	3,3		54...58 ³	
	G 50	2,4	1,0	0,8	4,2			Resto	-	-		47...50 ⁴	

- 1 Con largos tiempos de recorrido, alrededor de 800°, aumento de la dureza hasta 8 R_c
- 2 Mediante el temple en aceite a 900...1000°, son posibles aumentos de dureza de 6 a 8 R_c
- 3 Después de largos tiempos de recocido a 800°, aumentos de dureza hasta de 8 R_c; después de temple en aceite a 850°, 65 a 68 R_c
- 4 Templado en aceite a 900°, 65 R_c.

Las aleaciones duras se sueldan en su mayoría a gas o con gas protector, habiendo casos en que es usual la soldadura por arco con electrodos manuales.

Las varillas fundidas de una aleación cromo-hierro, se sueldan en el polo positivo de corriente continua con revestimiento desgado, teniendo aproximadamente la siguiente composición:

4,3...4,5 % C; 0,2...0,5 % Si; 0,5...1,0 % Mn; 32...36 % Cr; resto hierro.

Las durezas de sus soldaduras ascienden a 58 a 62 R_c y sirven para soldaduras capaz de resistir al tratamiento seco.

2- Metales duros:

Se han logrado hacer soldaduras de recargue con electrodos revestidos por inmersión, que tienen la propiedad de un metal duro. En el material de soldadura existen, en un metal duro sinterizado junto a carburo de wolframio puro primario como soporte principal de la resistencia al desgaste, carburos de mezcla duros en una sustancia base blanda (figura 2). Los electrodos de metal duro tienen un núcleo que está sinterizado, y consta preferentemente de carburos de wolframio que durante la sinterización se unen entre sí mediante un metal auxiliar por ejemplo, cobalto, níquel o hierro (tabla 2). Para mejor conductibilidad, la superficie tiene un recubrimiento metálico delgado. La barra sinterizada está provista de un revestimiento y los electrodos se sueldan con corriente continua o alterna, y están disponibles en diámetros de 2,5 a 6 mm. Las durezas que se obtienen con estos electrodos oscilan entre 60 y 72 R_c. Sus soldaduras de recargue se emplean

allí donde presenta un desgaste por fricción, como en armaduras de sinfines paletas de mezcladores, paletas aplanadoras para vehículos orugas, etc. además de recargues de herramientas cortadoras de virutas y barrenas de minas.

Las soldaduras son lisas y duras a la lima, y muestran aproximadamente la misma resistencia que los materiales sinterizados carburo-wolframio. La

Figura 2

Dibujo de la estructura de las aleaciones duras superpuestas por soldadura.

a) Aleación WC-Co con 80 % WC. Primario, Wc sin fundir, carburo de mezcla material de base. b) Aleación WC-Fe con 80 % WC. Primario WC sin fundir carburo de mezcla, material de base.

elaboración es posible mediante esmerilado con discos de silicio, carburo o diamante.

TABLA 2 : ELECTRODOS DE METAL DURO

Núm.	Composición química en %					
	W	Cr	Co	Fe	Re	
1	80	-	20	-	-	Usado según lo descrito en el texto: se- razas en piezas de acero en el caso de máquinas; las estrías son tam- bién resistentes a los choques. El nú- m. 2, desmenuado, también para soldadura.
2	80	-	-	20	-	
3	80	-	-	-	20	
4	70	10	-	-	20	Contra el desgaste por fricción contra materiales metálicos; resistencia al cho- que menor que en los núms. 1...3.

3- Soldadura bajo gas protector:

Los alambres para esfuerzos de desgaste generales, según la tabla 3 y alambres de aceros de herramientas para trabajo en frío o en caliente, según las tablas 4 y 5 pueden soldarse con buen éxito. La gran ventaja de este procedimiento está en la uniformidad de las soldaduras y la pequeña pérdida de aleación por combustión. Para recargos de aleaciones duras, la soldadura en gas protector es el procedimiento más apropiado, porque con él se logran costuras limpias y estancas, que, analíticamente, apenas se diferencian del material de aportación debido a la pequeña combustión.

Aleaciones duras:

Las aleaciones duras se suministran en forma de barras. Son fundidas y su superficie exterior está esmerilada.

Las aleaciones duras tienen buenas propiedades de soldar y poseen una alta resistencia contra el rozamiento y el ataque químico. Las soldaduras se pueden pulir al abrillantado y son sólidas en caliente.

Se distinguen entre aleaciones cromo-volframio-cobalto (tabla 1) y las aleaciones cromo-hierro.

La soldadura de las aleaciones cromo-volframio-cobalto se templan en aceite a temperaturas de 900-1100° y el aumento de dureza llega hasta 9 unidades R_c. En recocidos lentos a 800° pueden originarse aumentos de dureza mediante

segregaciones de carburos. Esta propiedad de las aleaciones duras se utiliza en la elaboración de cuchillas que después de un temple en aceite a 1000° , con un recocido lento seguido, logran un aumento de dureza de 7 a 10 R_c . Una pequeña adición de boro al G 55 S/K eleva la dureza en caliente y el mantenimiento del corte de la soldadura.

Figura 3

Comparación de la resistencia al rozamiento de diferentes soldaduras de recargue en comparación con un acero normal con 0,45 % C.

Las aleaciones duras sobre la base cromo-hierro (tabla 1) tienen carburo de cromo hexagonal Cr_7C_3 mientras el contenido de cromo esté sobre el 20 %, siendo la masa fundamental martensítica-austenítica. El carburo de cromo es resistente en todas las temperaturas por debajo de su punto de fusión y no se disgrega como el carburo de wolframio. El carburo de cromo tiene una dureza de 1676 ± 106 unidades Vickers, con una carga de 25 p.

Los carburos tienen una mayor dureza que el cuarzo, por lo que las aleaciones duras de este grupo tienen una alta resistencia al desgaste por abrasión del cuarzo de la mayor parte de los abrasivos. Si se temple en aceite una soldadura que conste de 3,7 % C y 32 % Cr, a una temperatura de 1000° , aumenta su dureza de 56 R_c a 68 o 69 R_c . En estado templado, los carburos tienen una dureza de 1760 unidades Vickers y la masa fundamental de 945 ± 56 U Vickers. En cambio, después del enfriamiento al aire, la masa fundamental tiene sólo una dureza de 570 ± 30 U. Vickers. Cuando los carburos están incrustados en la masa fundamental martensítica dura, pueden prestar resistencia al desgaste en los esfuerzos de compresión.

TABLA 3 : COMPOSICION QUIMICA DE LOS ALAMBRES DE RECARGUE ¹

Dureza media HB Kp/mm ²	Análisis normal en %			
	C	Si	Mn	Cr
150	0,15	0,15	1,5	-
200	0,20	0,20	1,7	-
250	0,30	0,20	1,0	1,0
300	0,50	0,20	1,0	1,0
350	0,70	0,20	2,0	1,0
400	0,20	0,25	2,0	1,4
500	1,00	0,30	1,9	1,7
600	0,40	3,00	0,5	9,5

¹ Los alambres pueden contener hasta 0,4 % Ti y hasta 0,2 % Al.

TABLA 4 : ALAMBRES DE APORTACION PARA ACEROS DE TRABAJO EN CALIENTE

Alambre número	Composición química %								Tratamiento térmico			Dureza del material de soldadura		
	C	Si	Mn	Cr	Mo	W	V	Ni	Preca-	Temperatura °C de	Reve-	En estado	Plenamente	
									lenta-	Reco-				Templ-
1	0,25	0,20	0,40	2,5	-	4,5	0,6	-	<450	750	1070	<600	<140	<170
2	0,65	0,30	0,30	1,5	0,6	0,5	1,3	-	<400	750	1050	<600	<160	<180
3	0,55	0,30	0,50	1,0	0,5	-	-	1,5	<350	750	850	<600	<160	<180

Las aleaciones 1 a 3 pueden llevar adiciones de Nb/ta en cantidades hasta 0,5 %, con lo cual la soldadura puede llegar a mayores durezas de segregación.

Alambre número	Aplicación
1	Para mordazas, estampas de forja, discos de prensas, herramientas de linadoras, troqueles de forja, cuchillas de afeitadoras en caliente.
2	Acero de trabajo en caliente de empleo universal, afeitadoras en caliente, pequeñas estampas insensibles a las grietas en caliente.
3	La soldadura tiene la propiedad de un acero de estampas de alto rendimiento con temple al aire, para recargues con soldadura de grabados lisos hasta 160 kp/mm ² de resistencia.

soldaduras son igualmente templables y la estructura se diferencia de las aleaciones de recargue de alto contenido de cromo por falta de grandes hexagonales carburos de cromo.

Las aleaciones de recargue ledeburíticas se emplean para soldaduras sobre herramientas de embutir, vías de deslizamiento y herramientas de medida. También se utilizan para husillos transportadores, patines y máquinas enderezadoras, y allí donde se presente una fricción seca. La figura 3 da una comparación de la resistencia al desgaste de diferentes aleaciones de recargue contra el acero con 0,45 % C. medidas bajo hipótesis exactas.

El proceso de abrasión húmeda es más intensivo y da valores mucho mejores que el seco. El efecto de la arena hasta puede ser hasta 10 veces más fuerte que el de la harina de cuarzo. En todos los ensayos de desgaste resultó mejor la soldadura martensítica en comparación de la masa austenítica fundamental (figura 2). Contra la fricción seca, tuvo la máxima resistencia una soldadura de recargue endurecida con carburos, con 3,7 % C y 32 % Cr. En la fricción húmeda bajo presión, la ledeburítica fue superior.

La martensita dura protege a los carburos frágiles de su destrucción en los esfuerzos de compresión, lo que apenas se presenta en una masa fundamental austenítica, y, sin embargo, los carburos que resaltan de la austenita tienen mayor resistencia a la fricción seca. Se han probado soldaduras de recargue resistentes al desgaste con material de aportación de baja y alta aleación, con metal duro sinterizado así como con aleaciones duras fabricadas en diferentes condiciones, y su comportamiento al desgaste por deslizamiento.

Las soldaduras estuvieron bajo el efecto de granos de esmeril de diferente dureza y se ensayaron en relación con el procedimiento de soldadura y material de base, número de pasadas, diámetro del alambre de soldar, regulación de la llama, intensidad de corriente e incluso a la influencia de la insuficiencia personal del soldador.

Este informe da un buen repaso al comportamiento de la mayoría de las soldaduras de recargue empleadas, en comparación al desgaste por deslizamiento.

Soldaduras de recargue de aleaciones resistentes a la oxidación, a los ácidos y al calor.-

Desde que se ha logrado el plaqueado de las chapas con materiales de dife-

rentes clases, estas soldaduras de recargue para la aportación de caras, ha perdido importancia. Se emplean aún si se trata de superponer placas resistentes a la corrosión sobre ejes cuyo núcleo es de acero vulgar. Como material de aportación se emplean como alambres desnudos.

4- Electrodos de revestimiento de malla para soldaduras de recargue:

Los electrodos de revestimiento de malla para soldaduras de recargue están disponibles en las conocidas escalas de dureza E 250, E 350 y E 600, así como para soldaduras de recargue resistentes a los ácidos y al calor. Se utilizan especialmente para el acorazado de asientos para platos de válvula o discos de válvula.

5- Soldadura de recargue con el procedimiento bajo polvo:

Las soldaduras de recargue pueden hacerse también con el procedimiento de soldadura bajo polvo conductor empleando un alambre desnudo cobrizado. Este procedimiento de soldadura se emplea allí donde se trate de grandes superficies que necesitan grandes cantidades de material de aportación.

Preferentemente se emplean alambres de 3 a 6 mm de grueso. El polvo es básico para mantener pequeña la combustión de los componentes de la aleación. La tabla 6 muestra los alambres de aportación usuales para soldar bajo polvo.

La soldadura de recargue en rodillos de laminado en caliente de bloques ha ganado gran importancia. Se probaron diferentes materiales de aportación y se han demostrado como utilizables para las capas de cobertura, que sufren desgaste, los siguientes:

1. Alambre austenítico con 0,15 % C, 1 % Si; 6 % Mn; 18 % Cr; 8 % Ni
2. Alambre ferrítico con 0,10 % C; 0,5 % Si; 0,8 % Mn; 4 % Cr; 1 % Mo; 1%W

El polvo fue ligeramente básico. Como capa de choque entre la cara de cobertura y el material de base, se puso un alambre con 0,12 % C; 0,2 % Si; 3 % Mn.

En los últimos tiempos se ha introducido el empleo del alambre austenítico en el fondo, para lo cual se ha remplazado la capa de cobertura con un alambre con 0,10 % C; 0,8 % Si; 0,5 % Mn; 6 % Cr y 0,5 % Mo. Sobre las experiencias de trabajo en la soldadura de recargue en rodillos de acero pa

ra trenos de llantones en bloque, según el procedimiento de soldadura bajo polvo.

El rodillo usado tiene un volumen de más de $\frac{1}{4}$ m³, se tornea y si existen grietas de combustión muy profundas, se vacían y se rellenan con electrodos austeníticos. Entonces se hace el recocido para quitar tensiones del laminado, a 640/650° con ocho horas de tiempo de mantenimiento y enfriamiento siguiente en el horno a 350°. En un segundo horno se suelda el rodillo con un giro constante a unos 320° y después de terminar la soldadura de recargue, se reviene durante 8 a 10 horas a 540°. La capa de desgaste tiene una resistencia a la tracción de 110 a 120 kp/mm². Antes de colocar la capa de desgaste sobre el rodillo, se colocó una capa de choque con un alambre S 4 Mo; Esta capa de choque debe conducir a una transición suave del material del rodillo a la soldadura. El rodillo tuvo un análisis de 0,57 % C; 0,36 % Si y 0,72 % Mn.

TABLA 6 : ALAMERES PARA LA SOLDADURA DE RECARGUE CON EL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA BAJO POLVO CONDUCTOR.

Soldadura de recargue	Composición química %							Observación	Dureza aproximada
	Núm.	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo		
general	1	0,12	0,15	1,6	-			Como clase de polvo	125....175
	2	0,13	0,20	3,0	-				175....225
	3	0,45	0,25	1,0	-				225....275
	4	0,60	0,35	1,0	-				275....325
	5	0,50	0,20	1,0	1,0			UM 50 o	325....375
	6	0,30	0,25	1,0	6,0			UM 90	375....450
	7	0,32	0,30	0,6	14,0				475....550
en laminados en caliente	1	0,15	0,9	6,0	19,0	8,0	-	Capa de cobertura.	200....240
	2	0,10	0,2	0,5	6,0	-	0,6	Capa de cobertura.	290....340
	3	0,12	0,2	2,0	-	-	0,4	Capa de choque	---

ra trenes de llantones en bloque, según el procedimiento de soldadura bajo polvo.

El rodillo usado tiene un volumen de más de 4 m³, se tornea y si existen grietas de combustión muy profundas, se vacían y se rellenan con electrodos austeníticos. Entonces se hace el recocido para quitar tensiones del laminado, a 640/650° con ocho horas de tiempo de mantenimiento y enfriamiento siguiente en el horno a 350°. En un segundo horno se suelda el rodillo con un giro constante a unos 320° y después de terminar la soldadura de recargue, se reviene durante 8 a 10 horas a 540°. La capa de desgaste tiene una resistencia a la tracción de 110 a 120 kp/mm². Antes de colocar la capa de desgaste sobre el rodillo, se colocó una capa de choque con un alambre S 4 Mo; Esta capa de choque debe conducir a una transición suave del material del rodillo a la soldadura. El rodillo tuvo un análisis de 0,57 % C; 0,36 % Si y 0,72 % Mn.

TABLA 6 : ALAMERES PARA LA SOLDADURA DE RECARGUE CON EL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA BAJO POLVO CONDUCTOR.

Soldadura de recargue	Composición química %							Observación	Dureza aproximada
	Núm.	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo		
general	1	0,12	0,15	1,6	-			Como clase de polvo	125....175
	2	0,13	0,20	3,0	-				175....225
	3	0,45	0,25	1,0	-				225....275
	4	0,60	0,35	1,0	-				275....325
	5	0,50	0,20	1,0	1,0			UM 50 o	325....375
	6	0,30	0,25	1,0	6,0			UM 90	375....450
	7	0,32	0,30	0,6	14,0				475....550
en laminados en caliente	1	0,15	0,9	6,0	19,0	8,0	-	Capa de cobertura.	200....240
	2	0,10	0,2	0,5	6,0	-	0,6	Capa de cobertura.	290....340
	3	0,12	0,2	2,0	-	-	0,4	Capa de choque	---

ARCO SUMERGIDO

La soldadura por arco sumergido se emplea cuando se requiere una gran velocidad de aportación. El método funde una considerable cantidad de metal de base, así como de varilla de relleno. La estructura granular del cordón se parece mucho a la de la fundición. Esto es verdad, en general, para todos los métodos de soldadura de gran velocidad de aportación. En tales soldaduras debe esperarse una mala ductilidad y una baja resiliencia, como es frecuente en las fundiciones. Esto no es exacto, sin embargo. Las soldaduras por subarco tienen una ductilidad y una resiliencia excelentes, normalmente por lo menos iguales a las del metal base. alta calidad de tales soldaduras se cree debida principalmente a la protección del fundente.

La mayor parte de las soldaduras por arco sumergido se realizan en instalaciones automáticas, en las que posicionadores y portapiezas posicionan y mantienen la pieza y regulan la distorsión, estando las condiciones de arco totalmente bajo control automático. Las soldaduras siempre se hace en posición plana o casi plana. Se requiere alguna inclinación cuando se realizan con varillas circulares sobre tubos o recipientes de presión, recargues sobre piezas cilíndricas y soldaduras sobre ciertas chapas de barcos. Las soldaduras circulares sobre chapa se hacen siempre hacia abajo.

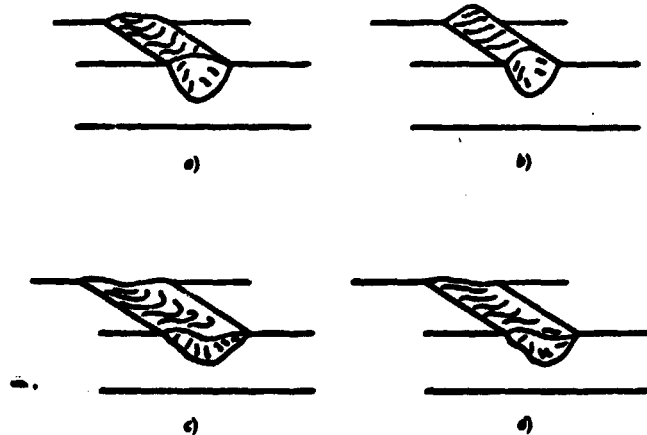


Figura 1.

Inclinación del bafo en la soldadura subarco: a) soldadura horizontal; b) soldadura hacia arriba; c) soldadura hacia abajo; d) soldadura con inclinación a la izquierda.

La gran velocidad de fusión del proceso subarco produce un bafo fundido tan grande que el metal fluye con inclinaciones de solo unos pocos grados del pla-

no horizontal. Este flujo puede aprovecharse para controlar el contorno de la soldadura. Un cordón con contorno alto puede obtenerse soldando hacia arriba, como se muestra en la Figura 1. La fuerza de la gravedad hace que el baño fundido retroceda detrás de la varilla, acumulándose y solidificando como muestra la figura. El máximo ángulo posible de inclinación debe por supuesto disminuir si se aumenta la corriente de soldeo. La soldadura hacia abajo tiene el efecto contrario. El baño fundido discurre hacia la varilla, obteniéndose un perfil cóncavo. La depresión aumenta con el ángulo de inclinación. Si se hace una soldadura horizontal en una chapa inclinada un pequeño ángulo, el contorno de la soldadura tiene forma de S, como se ve en el último esquema de la figura 1.

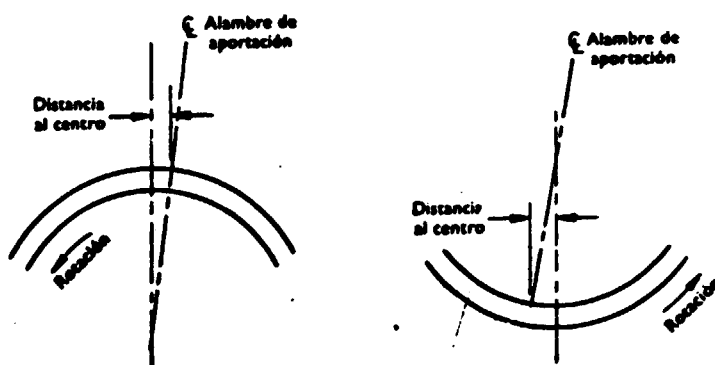


Figura 2
Disposición para efectuar soldaduras circulares por subarco.

Estas consideraciones son las que determinan las condiciones de montaje para soldaduras circulares que se hacen siempre hacia abajo cuando la soldadura se realiza sobre la parte exterior del cilindro. La figura 2 muestra esta disposición: el electrodo en la parte de afuera del cilindro, apunta al centro de éste, con un pequeño ángulo de inclinación y está desplazado 1 a 7 cm de la parte más alta de dicho cilindro. A mayor ángulo de inclinación, mayor penetración. La corriente no debe ser tan alta como para que el metal fundido se escurra por la ramura de la soldadura antes de que solidifique. Puesto que un cilindro de mayor diámetro es más plano que uno de pequeño diámetro, la corriente máxima posible aumenta con el diámetro. Hasta unos 750 A pueden emplearse con un DE (diámetro exterior) de 10 pulgadas (254 mm), y 300 A más

por cada 10 pulg (254 mm) de aumento del diámetro sobre el valor mencionado.

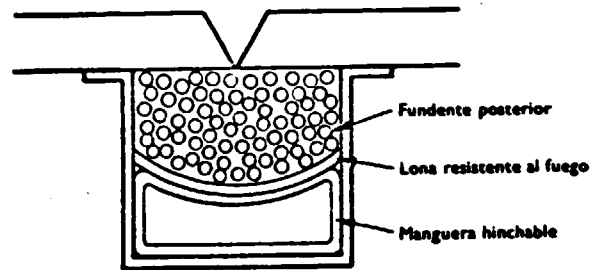


Figura 3

Soporte posterior con fundente, para uniones con arco sumergido.

Cuando se suelda a tope por un lado con penetración total, el baño de soldadura ha de ser soportado por la parte posterior. El soporte puede ser una barra de acero o de cobre, fundente colocado por la parte posterior de la soldadura cinta de lana de vidrio, refractarios y otros materiales. Los fundentes empleados para soporte, por lo general son de una composición especial. Algunas veces en vez de soporte posterior, la parte de atrás de la unión se suelda manualmente o de otra forma, sirviendo de soporte del baño la soldadura efectuada. La figura 3 muestra un método de soporte por fundente, con una manguera hinchable.

Aproximadamente, se funden 2 kg de metal base por c/ kg de metal aportado. La disolución del metal de aportación es, por lo tanto, muy grande en el baño de soldadura; la química de las soldaduras se determina principalmente por el metal base, más que por el metal de aportación.

PREPARACION DE BORDES EN LA SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO.

Con arco sumergido, las soldaduras a tope sin preparación pueden extenderse a espesores tan grandes como 5/8 de pulg. (16 mm). No se requiere soporte si los bordes ajustan bien. Con una sola pasada por cada lado de la unión puede obtenerse una penetración total. Tales soldaduras pueden atrapar escoria y no superar las inspecciones radiográficas. Para obtener soldadura de mejor calidad se hace una preparación de bordes para espesores de 3/8 de pulg. (9,6 mm) y superiores. Es posible soldar con "uves" (V) de 30 a 45 °, pero si las soldaduras están sujetas a inspecciones por rayos X, a menudo se hacen ángulos más abiertos de 70-90°; para mejor calidad, se prefiere la X de 60 a 90° para espesores iguales y superiores de 3/8 de pulg (9,6mm). Angulos más cerrados son posibles con chapas más gruesas, o bien si se emplean con bajas corrientes. En la base

de la V o de la X se necesitan grandes talones para evitar la perforación del chaflán y también se necesita un buen ajuste (tabla 1 y 2).

FUNCIONAMIENTO DEL ARCO SUMERGIDO

- 1- Inclinación de la varilla: La varilla puede estar apuntando hacia adelante (en la dirección en que avanza la soldadura), hacia atrás, o perpendicularmente a la soldadura. En el primer caso, se obtiene mayor penetración, En el segundo la penetración será menor y el cordón más ancho y con menos sobreespesor. El método de apuntar hacia atrás se prefiere en soldaduras en ángulo de chapas delgadas, del calibre o de la galga 14 (2 mm). Para soldaduras en ángulo horizontal, la varilla normalmente biseca el ángulo de 90°, pero la penetración puede aumentarse dirigiendo la varilla a la unión con un ángulo menor.
- 2- Voltaje: La forma de la zona de fusión y el sobreespesor están influenciados por el voltaje. Un voltaje bajo da más sobreespesor que uno alto. Voltajes más elevados amplían la zona de fusión y reducen la penetración.
- 3- Corriente: Mayores corrientes producen más penetración y más sobreespesor.
- 4- Velocidad de soldeo: La velocidad excesiva produce mordeduras en la mayor parte de los métodos de soldadura, incluyendo el arco sumergido. El sobreespesor se aumenta reduciendo la velocidad.
- 5- Espesor de la tapa de fundente: La soldadura por arco sumergido requiere una capa uniforme de la cubierta de fundente. Demasiado fundente puede producir una soldadura basta, debido a la formación de una cantidad excesiva de gases. Incluso pueden producirse poros. El fundente escaso origina proyecciones. Un cordón de fundente demasiado ancho no ocasiona problemas.

TABLA 1: SOLDADURAS A TOPE DE PRIMERA CALIDAD CON SOPORTE DE COBRE Y BORDES CUADRADOS

Espesor material		Separación de talón		Diámetro varilla		Corriente de arco (A)	Voltaje de arco (V)	Velocidad	
pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm			pulg/min	cm/min.
Galga 14	2,0	0		3/32	2,4	325-375	25	100-150	254-380
Galga 12	2,6	0		1/8	3,2	350-400	25	75-100	190-254
Galga 10	3,2	0-1/16	0-1,6	1/8	3,2	400-475	26	50-80	127-200
3/16	4,8	0-1/16	0-1,6	5/32	4,0	600-650	26	35-50	90-127
1/4	6,4	0-3/32	0-2,4	3/16	4,8	750-850	28	25-35	64-90
5/16	8,0	0-3/32	0-2,4	3/16 7/2	4,8-5,6	800-900	30	25-30	64-76

TABLA 2 a): SOLDADURAS A TOPE EN X DE PRIMERA CALIDAD (Pasada de cara)

Espesor material		Profundidad de la semi-X (V)		Angulo de la semi-X (V)	A (min)	Alambre			
pulg	mm	pulg	mm			pulg	mm	pulg/min	cm/min
3/8	9,6	1/8	3,2	Saneado de raíz	600	3/16	4,8	20	51
1/2	12,8	1/8	3,2	Saneado de raíz	900	3/16	4,8	16	40
3/4	19,2	1/4	6,4	90	1100	1/4	6,4	13	33
1	25,4	3/8	9,6	90	1200	1/4	6,4	11	28
1 1/2	38,2	5/8	16,0	70	1600	5/16	8,0	9	23
3	50,8	3/4	19,2	80	1900	5/16	8,0	6	15
2 1/2	63,6	1	25,4	80	2000	5/16	8,0	5	13

TABLA 2 b): SOLDADURAS A TOPE EN X DE PRIMERA CALIDAD (Pasada de talón)

Espesor de material		Talón		Profundidad de la		Angulo de la semi-x(v)	Amp (min)	Alambre			
pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm			pulg	mm	pulg/min	cm/min
3/8	9,6	3/8	9,6				550	3/16	4,8	22	56
1/2	12,8	3/8	9,6	1/8	3,2	90	650	3/16	4,8	18	46
3/4	19,2	5/16	8,0	3/16	4,8	90	850	1/4	6,4	16	40
1	25,4	5/16	8,0	5/16	8,0	90	1000	1/4	6,4	15	38
1 1/2	38,2	7/16	11,2	7/16	11,2	60	1300	1/4	6,4	10	25
2	50,8	1/2	12,8	3/4	19,2	70	1500	5/16	8,0	7	18
2 1/2	63,6	5/8	16,0	7/8	22,4	70	1700	5/16	8,0	5	13

SOLDADURA TIG

La soldaduras en ángulo o a solape en aluminio con electrodos revestidos no se recomienda por la posibilidad de que el revestimiento corrosivo quede atrapado en la unión. La soldadura TIG, desde luego, supera este obstáculo, puesto que para la protección del metal de soldadura, el revestimiento del electrodo se sustituye con un gas inerte. Mientras los revestimientos son relativamente baratos, el gas argón (o el helio) resultan bastante caros, así que aunque la soldadura TIG produzca soldaduras de calidad muy superior a la de los electrodos revestidos en la mayoría de los metales, sale más cara por metro de soldadura. Sin embargo, el TIG también tiene ciertas ventajas económicas: el coste del trabajo de quitar la escoria de la costura no es despreciable y se evita con la soldadura TIG. Las chapas finas también pueden soldarse a menudo con TIG sin metal de aportación, con el consiguiente ahorro de varilla.

El argón se emplea más generalmente que el helio, y tiene las siguientes ventajas sobre éste:

- 1- Voltaje de arco más bajo debido a su inferior potencial de ionización;
- 2- Menos requicitos para proteger adecuadamente la soldadura;
- 3- El cebado del arco es más fácil;
- 4- Mejor acción de limpieza de óxidos refractarios, debido, por otra parte, a su mayor densidad;
- 5- Coste inferior.

Para la soldadura de materiales gruesos de elevada conductibilidad térmica, puede ser necesario un voltaje de arco y una aportación de calor mayores; en este caso, el helio es generalmente superior al argón. El helio, en efecto, da mayor penetración que el argón. Ocasionalmente, los dos gases son mezclados para obtener un balance adecuado de sus características. Cuando se requiera un arco, aún de más potencia, se puede añadir hidrógeno al argón o al helio en pequeñas cantidades. Puesto que el hidrógeno es un gas demasiado reactivo para ser empleado con la mayoría de los metales, estas mezclas de hidrógeno y gas inerte se utilizan solamente para aceros inoxidables austeníticos y de algunas aleaciones de níquel.

El caudal de gas protector debe ser adecuado, pero no excesivo, para proteger el baño de soldadura de la contaminación atmosférica. La cantidad de gas necesaria depende de muchos factores. En general, la soldadura TIG no es en abso-

luto adecuada para trabajos fuera de taller o en zonas con corrientes de aire. Los metales, como el aluminio o el titanio, que son más reactivos con los gases atmosféricos, necesitan más protección que los menos reactivos, como el acero inoxidable. Los muy reactivos como circonio o titanio, deben ser protegidos con gas inerte por ambos lados, es decir, por encima y por debajo. El caudal de gas aumenta también con la corriente de soldadura, ya que para el manejo de corrientes más altas se requiere una pistola más grande, con una salida mayor para el gas. Finalmente, el diseño de la unión, también influye sobre el caudal de gas. Para las soldaduras en ángulo, en las cuales el gas está confinado al espacio en ángulo recto, entre las chanas, es posible un caudal más bajo que para uniones en esquina o a tope. No se debe cortar el caudal de gas, hasta que el electrodo de wolframio y el baño de soldadura se han enfriado a una temperatura conveniente. La soldadura TIG es igualmente adecuada para cualquier posición incluyendo la soldadura en techo. El método se ha empleado en materiales tan finos como 0,005 pulg (0,12 mm), pero la soldadura con electrodos revestidos está limitada a espesores de unos 1/32 de pulg. (0,8 mm). Las finas chapas y las calidades requeridas en aeronaves hacen del TIG el procedimiento eminentemente adecuado para esta industria.

Puede usarse este método con c.a., PDCC y PICC. La corriente alterna tiene los problemas de cebado, iniciación y extinción del arco cuando el voltaje pasa por 0. Estos problemas y el equipo para resolverlos ya se discutieron. La polaridad inversa no se usa normalmente, pues solamente son posibles bajas corrientes si no se va a recalentar el electrodo de wolframio, y la penetración será poco profunda. Sin embargo, se utiliza para soldar aquellos materiales que forman óxidos refractarios, principalmente magnesio y aluminio, aunque, para chapas gruesas, se prefiere la corriente alterna para estos metales. Con dicha polaridad, los iones positivos del argón hacen el efecto de un chorro de arena sobre la chapa y eliminan la película de óxido de la superficie metálica (tabla 1)

La penetración es más profunda con PDCC, intermedia con c.a. (polaridad directa e inversa alternamente) y menor con PICC. La corriente admisible para el electrodo de wolframio es mayor con PDCC, considerablemente reducida con corriente alterna y menor aún con PICC (tabla 2).

La capacidad de corriente para cualquier diámetro de electrodo, es también ligeramente menor cuando se emplea helio que cuando se emplea argón.

Las mejores características de arco se obtienen con corrientes situadas en el

TABLA 1: CONDICIONES DE LA FUENTE DE ENERGIA PARA SOLDADURA TIG

Metal	CAAF (c.a. alta frecuencia)	PDCC	PICC
Magnesio hasta 1/8" (3,2 mm)	1ª elección apropiada		2ª elección
Magnesio de mayor espesor			
Aluminio hasta 3/32" (2,4 mm)	1ª elección apropiada		2ª elección
Aluminio más grueso			
Acero inoxidable	2ª elección	1ª elección	
Latón	2ª elección	1ª elección	
Recargue duro	apropiada	apropiada	
Fundición	2ª elección	1ª elección	
Cobre		apropiada	
Todos los aceros al carbono	2ª elección	1ª elección	

TABLA 2: CAPACIDADES DE CORRIENTES PARA LOS ELECTRODOS DE VOLFRAMIO

Diámetro		Volframio puro PDCC (A)	Torio=PDCC Volframio PDCC (A)	Torio= CAAF Volframio, CAAF (A)
pulg.	mm			
0,020	0,5	hasta 16	hasta 25	hasta 20
0,040	1,0	hasta 65	hasta 100	hasta 60
1/6	1,6	60-150	20-180	60-120
3/32	2,4	140-275	40-300	100-180
1/8	3,2	250-375	50-475	170-250
5/32	4,0	300-480	60-600	200-320
3/16	4,8	350-500		300-400

extremo superior del intervalo admitido por el electrodo.

El electrodo deberá sobresalir de la boquilla lo menos posible. Esta longitud se establece entre 1/16 y 1/4 de pulgada (1,6 y 6,4 mm), dependiendo de las condiciones de soldeo y requiriéndose una mayor extensión para la soldadura en ángulos.

Longitudes salientes mayores hacen más fácil al operario obtener las condiciones de la soldadura, pero con una longitud corta se logra mejor protección. Si las dos partes de una unión a tope están perfectamente cortadas a escuadra y se pueden acoplar en una planilla de soldeo, no es necesario metal de aportación, excepto si las chapas son gruesas. Si se va a añadir metal de aportación se deja entre las chapas una pequeña separación y para espesores mayores se hace una preparación en X o en V con un pequeño talón y una abertura de 60°.

EL SOLDEO POR TIG DE DIVERSOS METALES.

La soldadura TIG da excelentes resultados en aluminio en espesores desde 0,020 hasta 3/8 de pulg. (0,5 a 9,6 mm). Los electrodos preferidos son los de cicio-nio-volframio por ser menos susceptible de contaminación empleando CAAF o PCCC para los materiales más finos.

La siguiente tabla es para uniones a tope sin soporte inferior del baño y con CAAF, en posición horizontal. Para los espesores entre 1/8 y 1/4 de pulg. (3,2 a 6,4 mm), se necesitan dos pasadas (tabla 3).

En la soldadura TIG de acero inoxidable, se prefieren electrodos de volframio aleados con torio o circonio. Aunque puede emplearse argón o helio, para soldadura TIG automática, a veces va mejor el helio; Los cambios en la longitud de arco con helio producen mayores variaciones en el voltaje de arco, característica que hace más fácil el control automático de éste. El helio también da más calor, permite mayor velocidad de soldeo y proporciona un cordón con mejor contorno.

La siguiente tabla es para soldaduras a tope, en posición plana, con CCFD (tabla 4).

Para la soldadura TIG del cobre, se prefieren los electrodos de volframio-toriado, con PCCC, y para varilla de aportación, cobre con estaño, desoxidado. Como gas protector va mejor el helio o la mezcla de helio argón 75/25, porque el mayor calor de arco del helio reduce las necesidades de precalentamientos.

La tabla 5 da las condiciones para soldadura a tope, horizontal, suponiendo se utilice PDCC.

La preparación de la unión para el soldeo por TIG, del titanio es similar a

la de aceros inoxidable o aluminio excepto que se debe poner más cuidado. Una perfecta limpieza es absolutamente necesaria. Deben eliminarse todas las rebabas y con una exacta colocación de las chapas se obtienen buenas soldaduras, no debiéndose emplear material de aportación, siempre que sea posible.

Muchos procedimientos especiales, plantillas de soldeo y cámaras de purificación se utilizan para la soldadura del titanio. Las dos caras de la soldadura se protegen siempre con argón y normalmente se emplea PDC.

Generalmente, el color de la soldadura es una buena indicación de su calidad y de la efectividad de la protección del lado posterior de la unión. Una buena soldadura presentará un color plateado. Las trazas de oxidación dan un color pajizo que algunas veces puede ser aceptado y los colores azul o púrpura indican una mala soldadura. En las soldaduras múltiples, cualquier color debe ser eliminado por pulido o cepillado. El gas protector debe mantenerse hasta que el electrodo, la varilla de aportación y la unión se hayan enfriado por debajo del rojo.

La soldadura por TIG de aceros efervescentes puede presentar dificultades debido a la porosidad. Las uniones a tope de aceros al carbono y de baja aleación se pueden soldar a tope sin separación hasta 1/8 de pulg. (3,2 mm), como en la soldadura por electrodo revestido de estos materiales. Hasta 3/8 de pulgada (9,6 mm) se pueden utilizar uniones a tope en escuadra sin preparación de bordes y con CCPD.

Espesores más fuertes que los de la tabla 6 no se sueldan normalmente por TIG. La soldadura TIG de fundiciones grises y dúctiles se pueden hacer con varillas de aportación de fundición sin fundente. Las pérdidas de carbono y silicio por este método son despreciables. Si se va a precalentar la totalidad de la pieza ha de calentarse por lo menos a 260° C (500° F).

Después del soldeo, deberá controlarse la velocidad de enfriamiento (tabla 7).

COMPARACION ENTRE TIG Y MIG.

Existen limitaciones para la densidad de corriente en la soldadura TIG. Cuando la corriente que circula por el electrodo del wolframio excede de 300 A, pueden aparecer en la soldadura inclusiones de éste. El campo de aplicación del TIG comprende generalmente la soldadura de calidad de materiales finos, 1/8 pulg de espesor o menores (3,2 mm), aunque esto no quiere decir que el

método esté limitado a esta gama de espesores. El método MIG no tiene las restricciones de densidad de corriente del TIG, pero, por otra parte, no es adecuado para el soldeo de espesores muy finos.

COMPARACION TIG-MIG

	TIG	MIG
Corriente y polaridad	CAAF, PDDC	FICC
Espesor de material en pulg (mm)	hasta 1/4 aprox. (6,4)	Superior a 0,040 (2mm)
Método	manuel, 2 manos	semiautomático 1 mano
Velocidad de soldeo	la mitad que el MIG	doble que el TIG
Destreza del operario	alta	menos exigente
Calidad de la soldadura	excelente	excelente
Entreteneimiento del equipo	poco	mayor

TABLA 3 : SOLDADURA A TOPE POR TIG DEL ALUMINIO Y SUS ALEACIONES

Espesor del material		Diámetro del electrodo		Corriente (A)	Argón		Varilla de aportación		Velocidad		Diámetro interior boquilla gas	
pulg	mm	pulg	mm		pie/h	l/min	pulg	mm	pulg/mm	cm/mm	pulg	mm
0,032	0,8	1/16-3/32	1,6-2,4	80	12	5,6	1/16-3/32	1,6-2,4	14	35,5	1/4	6,4
0,064	1,6	3/32-1/8	2,4-3,2	105	16	7,5	3/32	2,4	13	33,0	3/8	9,6
0,081	2,0	1/8	3,2	115	16	7,5	1/8	3,2	12	30,5	3/8	9,6
0,125	3,1	1/8	3,2	160	16	7,5	1/8	3,2	14	35,5	3/8	9,6
3/16	4,8	3/16	4,8	270	20	9,5	3/16	4,8	11	28,0	3/8	9,6
1/4	6,4	3/16	4,8	270	20	9,5	3/16	4,8	11	28,0	3/8	9,6

TABLA 4 : SOLDADURA A TOPE POR TIG DE ACEROS INOXIDABLES

Espesor del material		Diámetro del electrodo		Corriente (A)	Argón		Varilla de aportación		Velocidad		Diámetro interior boquilla gas	
pulg	mm	pulg	mm		pies ² /h	1/min	pulg	mm	pulg/cm	cm/mm	pulg	mm
1/32	0,8	0,040	1,0	30-45	14	6,6	1/16	1,6	10	25,4	3/8	9,6
1/16	1,6	1/16	1,6	80-100	14	6,6	1/16	1,6	12	30,5	3/8	9,6
3/32	2,4	1/16	1,6	100-120	14	6,6	1/16-3/32	1,6-2,4	12	30,5	3/8	9,6
1/8	3,2	1/16	1,6	120-140	14	6,6	3/32	2,4	12	30,5	3/8	9,6
3/16	4,8	3/32	2,4	200-250	14	6,6	1/8	3,2	10	25,4	1/2	12,3

TABLA 5 : SOLDADURA A TOPE POR TIG DEL COBRE Y SUS ALEACIONES

Espesor del material		Diámetro del electrodo		Corriente (A)	Argón		Varilla de aportación		Velocidad, pulg/min		Diámetro interior boquilla gas	
pulg	mm	pulg	mm		pies ² /h	1/min	pulg	mm	cm	min	pulg	mm
1/32	0,8	0,040	1,0	90-105	15	7	3/64	1,2	13	33,0	1/4	6,4
1/16	1,6	1/16	1,6	110-150	15	7	3/64	1,2	12	30,5	3/8	9,6
3/32	2,4	1/16	1,6	145-190	15	7	1/16	1,6	12	30,5	3/8	9,6
1/8	3,2	3/32	2,4	175-225	15	7	3/32	2,4	11	28,0	3/8	9,6

TABLA 6 : SOLDADURA A TOPE POR TIG DE ACEROS AL CARBONO Y DEBILMENTE ALEADOS
EN POSICION HORIZONTAL

Espesor del material		Diámetro del electrodo		Corriente (A)	Argón		Varilla de aportación		Velocidad		Diámetro interior boquilla gas	
pulg	mm	pulg	mm		pies ² /h	1/min	pulg	mm	pulg/min	cm/min	pulg	mm
1/32	0,8	1/16	1,6	80-100	11	5,2	3/64	1,2	14	35,5	1/4	6,4
1/16	1,6	3/32	2,4	100-130	11	5,2	1/16	1,6	12	30,5	1/4	6,4
3/32	2,4	3/32	2,4	100-150	13	6,1	1/16	1,6	12	30,5	3/8	9,6

TABLA 7 : SOLDADURA A TOPE TIG DE FUNDICIONES EN TODAS LAS POSICIONES

Espesor del material		Diámetro del electrodo		Corriente (A)	Argón		Varilla de aportación		Velocidad		Diámetro interior boquilla gas		Potencia
pulg	mm	pulg	mm		pies ² /h	l/min	pulg	mm	pulg/min	cm/min	pulg	mm	
1/4	6,4	3/32	2,4	150	16	7,5	3/16	4,8	8	20	1/4	6,4	CAAF
1	25,4	1/8	3,2	325	25	11,8	1/4	6,4	13	33	1/2	12,8	CCPD

INFLUENCIA DE LOS ELEMENTOS DE ALEACION SOBRE LA CALIDAD DE LOS ACEROS.

Los aceros se dividen en dos grupos:

- aceros al carbono
- aceros aleados

Del grupo de los aceros al carbono se destacan los siguientes aceros según el % del carbono.

de 0,06 a 0,12 % de C : acero estructural-no muy común, apto para forjar y para soldar. No se puede templear, si cementar.
Resistencia a la tracción 35-42 kg/mm².

de 0,12 a 0,18 % de C : Acero más común, de chapas, perfiles, etc.
Apto para forjar y soldar
No templeable, si cementable
Resistencia a la tracción 37-45 kg/mm²

Cerca de 0,25 % C : Bueno para forjar, pero con algunos problemas para soldar.
Toma algo de temple y es cementable
Resistencia a la tracción 41-49 kg/mm²

Cerca de 0,35 % C : Difícil de forjar y soldar
No cementable
Templa a 840° C y revenir hasta 500° C
Resistencia a la tracción 50-60 kg/mm²

Cerca de 0,45 % C : No se puede forjar y la soldadura presenta muchas dificultades.
Templa a 830° C y enfría en agua o aceite.
Resistencia a la tracción 60-70 kg/mm²

Cerca de 0,60 % C : No es forjable ni soldable
Templar a 820° C y revenir a 180-250 ° C
Resistencia 70-80 kg/mm²

Entre 0,6 y 1,5 % : Acero para herramienta
Templar a 750-780° C, enfriar en agua o aceite y revenir hasta 280° C según dureza necesaria.

En el grupo de aceros aleados hay una gama más amplia de combinaciones de di-

ferentes porcentajes. La influencia de cada elemento aparte se puede resumir a la siguiente forma:

Fosforo : elemento indeseable

Provoca una baja de la resistencia

Agregado a acero para máquinas automáticas, por favorecer viruta corta, y también a hierro o acero colado por provocar fluidez del caldo.

Azufre : elemento indeseable

Baja la soldabilidad de los aceros, igual a fosforo

Silicio : Aumenta la resistencia y alargamiento

favorece la formación de carburos

baja la soldabilidad

Manganeso: Hasta 0,4 % aumenta la resistencia, la resiliencia y el límite elástico sin mermar el alargamiento.

Con más de 12 % forma acero austenítico resistente al desgaste.

Cromo : Aumenta la resistencia sin mermar el alargamiento

hace conservar la dureza a alta temperatura

Acero con 13 % de cromo es inoxidable

Molibdeno : Aumenta la resistencia

agregado siempre junto con cromo, níquel y tungsteno. Puede reemplazar al níquel en una aleación.

Cobalto : Junto con cromo y tungsteno en aceros para herramientas

usado en aleaciones para imanes permanentes.

Vanadio : aumenta la resistencia, resiliencia y el límite elástico.

favorece la formación de carburos

Tungsteno : aumenta la resistencia y límite elástico sin cambiar la dureza.

especial para aleaciones de aceros de herramientas.

Titano : Agregado para impedir la formación de carburos.

mejora la soldabilidad

La tabla anexa da una idea general de influencia.

ELEMENTOS DE ALEACION

INFLUENCIA DE DIFERENTES ELEMENTOS DE ALEACION SOBRE LAS CUALIDADES DE UN ACERO

	C	Mn	Si	Al	Ni	Cr	Mo	V	W	Co	Cu	S	P	Ti	Ta	Nb
	CARBONO	MANGANESO	SILICIO	ALUMINIO	NIQUEL	CROMO	MOLIBDENO	VANADIO	TUNGSTENO	COBALTO	COBRE	AZUFRE	FOSFORO	TITANIO	TANTALIO	NIOBIO
LIMITE DE ELASTICIDAD	/	/	/		/	/	/	/								
RESISTENCIA A LA TRACCION	//	//	//		/	//	/	/	/	/	/		/	/	/	/
ALARGAMIENTO	//	/	/		/	/	/		/	/	//		/			
RESISTENCIA A TRACCION A ALTA TEMPERATURA	/					//	//	/	/	/						
RESILIENCIA	/	/	/	/	/	/	//									
RESISTENCIA A LA FATIGA	/					/	//	//	/	/						
PUNTO AC ₁		//	//	/	//	//	/	/	/							
PUNTO AC ₂		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		/	/	/	/
CAMPO DE AUSTENITA		/	/	/	/	//	/	/	/	/	/		/	/	/	/
CRECIMIENTO DE GRANO	/	//	/	//	/	/		//		/			/	/		
SENSIBILIDAD A SOBRECALENTAMIENTO		/	/		/	/		/	/	/			/			
RESISTENCIA A LA CORROSION			//	//		//				/						
RESILIENCIA A ALTA TEMPERATURA												//				
VELOCIDAD DE ENFRIAMIENTO CRITICO		/	/		//	/	/	/	/	/						
TEMPLABILIDAD	//	//	//		//	//	/	/	/							
DUREZA	//	/	/		/	/	/	/	/	/	/		/	/	/	/
ESTABILIDAD DESPUES DEL REVENIDO	/		/		/	/	//	//	/	//				/	/	/
FORMACION DE CARBUROS	//					//	/	//	/					//	//	//

/ AUMENTO
\ DISMINUCION

// MUCHO AUMENTO
// MUCHA DISMINUCION

PRINCIPALES PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA APLICABLES A ACEROS INOXIDABLES

Cada uno de los procedimientos de soldadura, es aplicable a uno o varios tipos de trabajo y espesores. Es decir que tiene un rango de aplicación en donde se obtendrán buenos resultados con la máxima economía y calidad.

En el cuadro adjunto, se indican para distintos espesores o partes a soldar de acero inoxidable, los métodos apropiados y algunas características tales como la posibilidad de ejecutar la soldadura en forma automática o manual o en obra o taller, si cumple requisitos de estanqueidad o es solamente una unión resistente y su rendimiento.

Cuadro sinóptico de los principales procedimientos de soldadura aplicables a los aceros inoxidables

Elementos a unir	Procedimientos	Condiciones de ejecución ¹		Resultados		Alto rendimiento
		Auto-mática	Realizable en obra	Soldadura estanca	Sin fin necesario ²	
Chapas muy delgadas ($e \leq 0,5$ mm)	TIG	+		+	+	
	Arco concentrado	+		+	+	
	Soplete		+	+	+	
	Haz de electrones			+	+	+
	Resistencia/Roldana	+		+	+	+
	Resistencia/Puntos	+	(+)		+	
Chapas delgadas ($0,5 < e \leq 3$ mm)	TIG	+		+	+	+
	Arco concentrado	+		+	+	+
	Arco sumergido	+		+	+	+
	Electrodos revestidos ($e > 1$ mm)		+	+	+	
	MIG con arco pulsado	+		+	+	
	Soplete		+	+	+	
	Haz de electrones			+	+	
	Resistencia/Roldana	+		+	+	+
	Resistencia/Puntos	+	(+)		+	+
	Resistencia/Resalte	+			+	+
Chapas medias ($3 < e \leq 7$ mm)	MIG con arco pulsado	+	+	+		+
	Electrodos revestidos		+	+		
	Arco sumergido	+		+		+
	Arco concentrado	+		+	+	+
	Haz de electrones			+	+	
	Resistencia/Puntos	+	(+)		+	
	Resistencia/Roldana	+		+	+	
	Resistencia/Resalte	+			+	
Chapas gruesas ($e > 7$ mm)	MIG		+	+		
	Electrodos revestidos		+	+		
	Arco sumergido	+	+	+	(+)	+
	Arco concentrado	+		+		
	Haz de electrones			+		
	Soldadura eléctrica bajo escoria	+	+	+		+
Tubos (soldados a lo largo de una generatriz): Tubos delgados	TIG	+		+		+
	Inducción	+		+	+	+
	MIG	+		+		+
	Resistencia	+		+		
Tubos de espesor medio y grueso						
Tubos: soldadura a tope Tubos delgados	TIG					
	Chispeo	+	+	+	+	
Tubos de espesor medio y grueso						
	Chispeo	+		+	+	
	Resistencia	+	+	+		+
	Percusión			+		
Barras a tope	Resistencia	+	+	+		
	Chispeo	+	+	+		
Alambres a tope Alambres cruzados	Chispeo	+			+	
	Resalte	+			+	+

¹Indicamos si el procedimiento es actualmente susceptible de ser aplicado con automática y si es realizable no sólo en taller sino también en astillero.

²En general.

RECOMENDACIONES PARA EL ALMACENAMIENTO Y REACONDICIONAMIENTO PORESTUDIO DE ELECTRODOSCONTENIDO:

- 1- Humedad vs. Calidad
- 2- Envases sellados herméticamente
- 3- Envases no hermeticamente sellados
- 4- La condensación como problema potencial
- 5- Envases abiertos
- 6- Tiempos permisibles de exposición
- 7- Horneado de reacondicionamiento
- 8- Alambres tubulares.

RECOMENDACIONES PARA EL ALMACENAMIENTO Y RECONDICIONAMIENTO PORESTADO DE ELECTRODOS.1- Humedad vs. Calidad.-

La formulación, el control de calidad y el tipo de envoltorio asegura un nivel del contenido de humedad y un grado de protección apropiados para cubrir las necesidades para distintos tipos de electrodos. Sin embargo, malas condiciones de almacenamiento pueden producir una excesiva rehidratación debido a una exposición a alta humedad o daño mecánico del envase.

En el arco, la humedad se disocia en oxígeno e hidrógeno. El hidrógeno atómico se difunde dentro de la soldadura y la zona afectada por el calor del material de base creando varios enteratómicos en la estructura.

Debido a que la solubilidad del hidrógeno disminuye al disminuir la temperatura, a medida que la soldadura se enfría, este elemento es expulsado de la solución; pasando de su estado atómico a su estado molecular. El cambio de estado atómico a molecular produce una expansión que genera tensiones localizadas en discontinuidades que frente a factores favorables producen formación.

Los aceros dulces, son relativamente insensibles al agrietamiento producido por hidrógeno, mientras que los aceros de mucha aleación o aleados son mucho más vulnerables. El grado de vulnerabilidad aumenta proporcionalmente con el contenido de hidrógeno disponible, las tensiones y la resistencia del material. Bajo ciertas condiciones, solo unas pocas partes por millón de hidrógeno atrapado, producen en algunos aceros aleados, el inicio de una grieta. Por esta razón, los procedimientos de soldadura manual con electrodos revestidos para aceros aleados requieren una minimización del contenido de hidrógeno disponible. Esto se logra en general, utilizando electrodos del tipo AWS EXX18 y manteniendo estricto control de las condiciones de almacenamiento y cuando fuere necesario, un reheateado.

De todos los tipos de revestimientos standard, los revestimientos de bajo hidrógeno son probablemente los más críticos en lo que respecta a la absorción de humedad. Este tipo de electrodos inorgánicos contienen un porcentaje mínimo de humedad en su revestimiento al momento de terminarse su proceso de fabricación y luego de horneados a alta temperatura son envasa

dos en contenedores diseñados para proveer una protección adecuada bajo condiciones normales.

Las recomendaciones que se listan a continuación, pueden ser utilizadas como guía para el almacenamiento de electrodos revestidos. (Se incluyen algunas recomendaciones para el almacenamiento de alambres tubulares.).

2- Envases sellados herméticamente. -

Normalmente, la mayoría de los electrodos se proveen en paquetes herméticos. Si los envases mantienen su estado de hermeticidad, es decir que no han sido abiertos ni se ha registrado un daño mecánico al mismo, pueden permanecer almacenados por períodos largos de tiempo sin necesidad de que al ser abiertos para su utilización necesiten tratamientos previos a la soldadura. Cuando se determina un estricto control de los procedimientos de soldadura para minimizar la posibilidad de agrietamiento debido a hidrógeno, los electrodos EXX18 serán reacondicionados por horneado de acuerdo a las recomendaciones del procedimiento. Luego del horneado los electrodos deberán ser almacenados a una determinada temperatura teniendo en cuenta las recomendaciones mencionadas.

En algunos casos, ciertos entes estatales exigen un rehorneado de los electrodos EXX18 antes de ser utilizados.

3- Envases no herméticamente sellados. -

La mayoría de los electrodos envasados en contenedores no herméticamente sellados tales como los que se proveen en latas o envueltos en papel kraft deben guardarse en una atmósfera seca mantenida a una temperatura de 65 a 80°C.

Los electrodos 7018 envasados en contenedores no herméticamente sellados son satisfactorios para la mayoría de las aplicaciones; para trabajos críticos sobre aceros aleados (especialmente sometidos a un alto grado de enbridamiento) se recomienda utilizar electrodos 7018 envasados en contenedores herméticos.

En general, los electrodos E 6010, E 6011, E 6012, E 6013, E Ni-Cl, E Ni-Fe-Cl, no necesitan que se mantengan a temperaturas como las indicadas.

4- La condensación como problema potencial. -

La condensación es, en soldadura, un problema potencial. Las piezas de acero enfriadas debido a la exposición en un lugar relativamente frío (verano o invierno) y llevados a una zona relativamente templada para ser soldadas, deben ser precalentadas localmente antes de comenzar el soldeo quitando el frío se asegura que la zona de soldadura esté seca.

En general, se recomiendan temperaturas de precalentamiento e interpasadas para secciones gruesas de aceros al carbono y la mayoría de los aceros aleados.

La condensación sobre los electrodos, que puede resultar en porosidad agrietamiento debido a hidrógeno en aceros aleados, puede ocurrir cuando los envases se abren prematuramente en una zona relativamente templada habiendo sido almacenados en un lugar relativamente frío. Debe permitirse a los envases tomar la temperatura del ambiente en donde se va a soldar antes de abrirlos. Los paquetes de cartón o papel kraft necesitarán más tiempo que las latas para igualar la temperatura debido al efecto de aislación que produce el papel.

El almacenamiento de electrodos bajo las condiciones recomendadas y el control de la temperatura de almacenamiento minimizarán los problemas de condensación y rehidratación.

5- Envases abiertos. -

Las áreas de almacenamiento deben ser tales que los electrodos expuestos deben protegerse de daño mecánico, clima, polvo y otras materias extrañas.

Como regla general, el almacenamiento de electrodos sueltos o envases abiertos de electrodos debe ser en una habitación, horno o termoportátil (envase portátil calentado por una resistencia eléctrica) a una temperatura indicada en la columna 3 de la tabla 2. Mientras esta columna indica las temperaturas recomendadas para el almacenamiento de electrodos de varios tipos de electrodos mezclados en el mismo lugar puede ser satisfactorio a temperaturas entre 120 y 150 °C excepto para los electrodos E 6010, E 6011, E 6012, E 6013, E Ni-C1 y E NiFe-C1.

Se recomienda mantener las temperaturas de almacenamiento de los electrodos de bajo hidrógeno (y particularmente para los grados de alta resis-

tencia) ya que es la mejor forma de disminuir las posibilidades de agrietamiento inducido por hidrógeno. Las temperaturas de almacenamiento de electrodos de tipo celulósico 6010 y 6011 no son tan críticas pero deben evitar temperaturas superiores a 80°C ya que estos electrodos dependen del alto porcentaje de humedad (6 a 7 %) para obtener características de arco favorables. Los electrodos celulósicos excesivamente horneados o resecos tendrán poca fuerza en el arco con poca penetración, protección incompleta de la escoria y porosidad. En muchos casos, el almacenamiento seco de electrodos inoxidables, de recargue duro o para herramientas a temperatura ambiente (especialmente si su duración está limitada a pocos días y la humedad relativa no es excesiva) es adecuado y las soldaduras ejecutadas con esos electrodos serán varias.

En general, conviene atenerse a los valores indicados en la columna 3 de la tabla 2 ya que con estas temperaturas se obtienen resultados satisfactorios.

6- Tiempo permisible de exposición:

El tiempo permisible de exposición para electrodos expuestos o envases abiertos de electrodos varía considerablemente dependiendo de la humedad del local, tipo de revestimiento, nivel de resistencia y especificaciones vigentes. Demasiada absorción de humedad puede generar porosidad, dificultad de remoción de escoria y sensibilidad al agrietamiento inducido por hidrógeno.

Con una humedad relativa por debajo del 50 %, los electrodos E 7018 y E 8018 pueden ser expuestos sin problemas durante varias semanas antes de quitarlos de latas o envases herméticamente sellados.

En la tabla 1, se indican los máximos tiempos de exposición de los electrodos XX18 en ambientes con aproximadamente el 20 % de humedad.

TABLA 1

CONTENIDO DE HUMEDAD Y TIEMPO DE EXPOSICION LIMITES

Clase AWS	% de humedad permisible AWS (1)	Limites por AWS D i 1. y D 14. 3 (2)
E 7018-X (+)	0,6	4 horas
E 8018-X	0,4	2 horas
E 9018-M	0,2	1 hora
E 10018-M	0,2	1/2 hora
E 11018-M	0,2	1/2 hora
E 12018-M	0,2	—

- (1) Por peso de recubrimiento al sacarlos de su envase herméticamente sellado.
- (2) AWS DI.1. Código estructural; AWS D14. Equipo vial y de construcción (El tiempo indicado es despues de haberlos sacado del envase herréticamente sellados u hornos.
- (+) AWS A5,5 E 7018-X (AWS A5.1 E 7018 Acero estructural sin requerimientos en lo que respecta a humedad).

Luego de la horneada inicial a alta temperatura especificado en el ciclo de manufactura de los electrodos XX18, queda una humedad residual en el revestimiento (aproximadamente 0,1 % en peso de recubrimiento) muy difícil de quitar. Siempre que los electrodos XX18 no sean expuestos por más tiempo que el máximo recomendado, la humedad de rehidratación está limitada a una capa superficial del revestimiento fácil de quitar. La capa de humedad de rehidratación es facilmente eliminable durante el almacenamiento con temperaturas entre 190-150°C; El uso antes del almacenamiento puede generar porosidad en el arranque, (la mayor parte de la humedad será eliminada enseguida de encendido el arco).

Tiempos excesivos de exposición pueden generar una rehidratación más profunda en el revestimiento del electrodo, requiriendose un rehornado a temperaturas más altas que las de almacenamiento en hornos para reducir el contenido de humedad a niveles aceptables.

Los electrodos pueden ser expuestos sin problemas por largos períodos (desde el momento de sacarlos de su envase o de los hornos de almacenamiento o secado) usando termos portátiles eléctricos en los lugares de trabajo. Los electrodos EX18 que no han sido sobreexpuestos pueden ser subsecuentemente devueltos al almacenamiento a una temperatura de alrededor de 120°C tal como se indica en la columna 3 de la Tabla 1.

El uso de recipientes con cuatro kilogramos de capacidad minimizará la cantidad de electrodos expuestos y el tiempo de exposición que si se usan recipientes de 20 kg. La ventaja adicional de utilizar recipientes de 4 kg. es en particular una buena forma de mejorar las condiciones de almacenamiento en obra ya que estas son generalmente muy desfavorables.

7- Horneado de reacondicionamiento. -

Los electrodos que han sido sobreexpuestos, pueden ser recuperados por un rehornado en hornos bien ventilados a temperaturas sustancialmente más altas que aquellas recomendadas para el almacenamiento. Los electrodos que hayan tomado contacto con agua, grasa o aceite, no deben ser utilizados en trabajos críticos. Contrariamente a la creencia popular, el tratamiento prolongado de los electrodos EXX18 sobreexpuestos no posibilita la reducción del contenido de humedad a niveles aceptables. El horneado de producción (400-425°C) en la fábrica de electrodos, elimina la humedad retenida química o mecánicamente. La rehidratación (debida a la exposición que ocurre en la atmósfera del taller) es esencial en la formación de humedad mecánicamente retenida. Luego del primer horneado de producción, el revestimiento se encuentra en un cierto estado físico diferente que tiende a impedir la eliminación de la humedad de rehidratación. Se ha encontrado que la humedad absorbida bajo condiciones de sobreexposición necesita, para ser eliminada, temperaturas más altas que las que se utilizan en los hornos de almacenaje.

Las temperaturas de horneado de reacondicionamiento, se encuentran en la columna 4 de la tabla 2.

Una regla general consiste en limitar el apilado de electrodos a 3 capas solamente y se recomienda en general el siguiente ciclo (pueden requerirse por indicaciones particulares regímenes de calentamiento y enfriamiento)

tos específicos).

- 1- Carga de hornos con temperaturas entre 80 y 95 °C.
- 2- Aumento de la temperatura hasta el valor recomendado y mantenerla durante una hora aproximadamente.
- 3- Enfriamiento en horno hasta una temperatura de 65 a 95°C antes de la descarga.
- 4- Almacenamiento según lo recomendado en la columna 2 de la Tabla 2.

Si los electrodos son cargados o descargados a la temperatura de horneado o muy cerca de ella, pueden llegar a perder la adherencia entre el revestimiento y la varilla de alambre. Lo mismo ocurrirá si el ciclo se repite indefinidamente. A pesar de que los electrodos pueden soportar varios ciclos de reheateado (siempre que estos sean debidamente controlados) algunas especificaciones solo permiten un ciclo por lote de electrodo. La repetición del ciclo puede generar la oxidación de las ferroaleaciones causando una merma del contenido de silicio y manganeso con el consiguiente aumento de la fragilidad del revestimiento.

Durante los últimos años, los electrodos E XX18 "resistentes a la humedad" han sido ampliamente difundidos. Curiosamente, la mayor parte de la promoción y el interés se ha concentrado en el nivel del E 7018. La norma AWS A5.1 E 7018 (acero dulce) NO TIENE REQUERIMIENTOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD PARA SU ELECTRODO. Mientras que los electrodos "resistentes a la humedad" anunciados son en general productos de calidad, el hecho relevante es que estos electrodos no ayudan realmente. ¿Por que?.

Porque nadie se preocupa del agrietamiento inducido por hidrógeno en aceros dulces (donde está especificado el E 7018) porque en realidad no ocurre. El uso de electrodos E 7018 en aceros aleados requiere, sin embargo, considerar el contenido de humedad. La mayor parte de los electrodos E 7018 se envasan en cajas con papel kraft o en bolsas plásticas que proveen una relativamente adecuada protección para su uso sobre aceros dulces.

Solamente cuando se sueldan aceros de alta resistencia es cuando comienza a ser importante y justificado el peligro de sensibilidad al agrietamiento debido al hidrógeno. Esto significa que los procedimientos y códigos o especificaciones deben ser seguidos cuidadosamente. No se permite la sobre

exposición de estos electrodos a pesar de que algunos electrodos XX18 resistentes a la humedad (en virtud de su formulación especial) pueden mostrar menos rehidratación durante un período de tiempo estandar.

8- Alambres tubulares.-

En general, los alambres tubulares se envasan de tal forma que proveen una protección en ambientes normales de exposición. El daño potencial debido al aumento de humedad encontrado en electrodos revestidos, no es tan crítico en el caso de los alambres tubulares. Los ingredientes del fundente del alambre tubular, que son por naturaleza de bajo hidrógeno, están firmemente "envueltos" y por lo tanto más protegidos de la acción atmosférica que los ingredientes del fundente exterior de los electrodos revestidos. Una indicación de la exposición indebida es evidente cuando el alambre presenta herrumbre en el recubrimiento de acero dulce.

En la mayoría de los casos, la herrumbre localizada no interfiere con la operación o la calidad. Una excesiva cantidad de herrumbre o el uso continuo de alambre levemente herrumbrado puede causar daños en el sistema de alimentación y en la torcha por excesos de residuos.

Que el aumento de humedad en los alambres tubulares bajo condiciones normales no sea un problema, se debe evidentemente a una falta de especificaciones o requerimientos para los máximos permisibles.

La norma AWS A5.20 no comenta este aspecto. Los contenidos de humedad iniciales típicos oscilan alrededor del 0,1 % del peso de la totalidad del electrodo.

Normalmente, los envases de alambres tubulares abiertos deben dejarse en atmósferas protectoras secas durante varios días. Sin embargo, es conveniente que el almacenaje de envases cerrados o abiertos se haga a temperaturas entre 40 y 50 °C para prevenir la formación de herrumbre. Tal como ocurre con los electrodos E XX18, el grado de precaución indicado para alambres de baja aleación y alta resistencia está relacionado con la aplicación. Cuanto más alta es la resistencia y más alto el grado de embudo, serán necesarios más cuidados en las condiciones de almacenaje.

Los alambres tubulares expuestos severamente (presentan excesiva herrumbre) no pueden ser reacondicionados totalmente por horneado ya que la misma herrumbre provoca problemas de alimentación debido a residuos en el conductor de alambre y tubo de contacto.

TABLA 2

ALMACENAJE Y TEMPERATURAS DE RECONDICIONAMIENTO(+)RECOMENDADAS.

TIPO	GRADO AMS.	Temperatura de almace- naje para envases a- biertos (1) (°C)	Temperaturas de rec- ondicionamiento para electrodos expuestos (2) (°C)
ACERO DULCE	E 7014-E 7024	65	135
	E 6010 -E 6011 - E6012 E 6013	40	No recomendada
BAJO HIDROGENO	E 7016	80	370
	E8016 J3 E 10016 E9018-E3L	135	410
	E9018-B3 E9018-M E 10018-M	135	410
	E10018-D2- E11018-M	135	410
	E502. E505-E12018-M	135	410
	E7018 E7018-A1	65	400
	E8018-G E8018-B2L	65	400
	E8018-C1 E8018-C2 E8018-C3	65	400
INOXIDABLES	Todos los tipos de corri- ente continua y revesti- miento a base de titanio (E308, E308-L, E310, E316, E316-L)	65	150
	Ambas corrientes (16 % Cr, 12 % Cr) E 330, E410	65	260
	Ambas corrientes	65	205
	Corriente continua cál- cicos.	65	260
	E Ni-Cl	35	No recomendada
	E NiFe-Cl	35	No recomendada
REVESTIMIENTO DURO	EFe 5-B	65	315

- (+) Los rangos de temperatura sugeridos en las columnas 3 y 4 pueden sufrir una variación de $\pm 12^{\circ}\text{C}$.
- (1) El almacenamiento de electrodos expuestos o envases abiertos debe ser hecho en una habitación calentada, hornos o termos eléctricos portátiles. Las áreas de almacenaje deben ser tales que los electrodos estén protegidos de daños mecánicos, clima, polvo y otras materias extrañas. Las normas AWS D1.4 y D14.3 requieren una temperatura mínima de 120°C para electrodos de bajo hidrógeno.
- (2) El tiempo de horneado recomendado es 1 hora a la temperatura indicada.

SOLDADURA DE ACEROS PLAQUEADOSCONTENIDO:

- 1- Introducción
- 2- Elección del proceso de soldadura
- 3- Problemas asociados con la soldadura de aceros plaqueados
- 4- Corte de aceros plaqueados
- 5- Procedimiento para la soldadura de aceros plaqueados con níquel
- 6- Procedimiento para la soldadura de aceros plaqueados con manganeso
- 7- Procedimiento para la soldadura de aceros plaqueados con Inconel[®]
- 8- Procedimiento para la soldadura de aceros plaqueados con inoxidable austenítico.
- 9- Problemas posibles en la soldadura de aceros plaqueados.

ACEROS PLAQUEADOS1- Introducción.-

A pesar que se pretende tratar las uniones volantes en acero plaqueado como 2 uniones separadas, por ejemplo: una soldadura en el metal base (ferrítico) y otra en el material plaqueado (acero inoxidable, níquel, monel o Inconel) a veces las circunstancias obligan a una única discontinua. Primero, la elección del material plaqueado depende de la economía, pero puede aprovecharse la mejor conductividad térmica o la mayor resistencia inherente al acero plaqueado respecto del material sólido.

2- Elección del proceso de soldadura.-

El procedimiento más ampliamente usado es el manual con electrodos revestidos.

Los procesos con utilización de gases inertes han sido aplicados en el plaqueado y en los procesos de arco sumergidos en aceros.

En chapas gruesas, el primer cordón (cordón de raíz) sobre el lado de acero puede ser ejecutado utilizando electrodos revestidos y el resto de la soldadura con el proceso de arco sumergido. Esta práctica previene la excesiva dilución durante la primera pasada y al aplicar luego el arco sumergido se aprovecha el alto régimen de deposición que provee el método. El material plaqueado puede ser depositado por proceso de arco sumergido utilizando electrodos continuos o alambres desnudos bobinados.

Para minimizar la dilución, deben utilizarse valores de corriente baja (200-275 A) para la primera pasada. Cuando se utilizan fundentes aglomerados, se obtiene la mejor penetración utilizando corriente alterna o continua (negativo (-) al electrodo). Una vez que se ha depositado el 1er. cordón, puede aumentarse el régimen de deposición pero debe cuidarse que el 2º cordón no penetre totalmente en el primero.

3- Problemas asociados con la soldadura de aceros plaqueados.-

En general, la soldadura sobre el lado de acero sigue los lineamientos normales y solamente se considerará en detalle el problema de interfusión con la placa del otro lado. La soldadura de la placa también tiene el problema

de interfusión pero existen problemas más críticos tales como porosidad, en cavaduras, la zona afectada por el calor y terminación superficial.

En muchos casos es posible soldar toda la unión usando el material de aporte recomendado para la placa. A veces, ciertas autoridades o empresas exigen que se suelde toda la unión aún con espesores considerables con el mismo electrodo sin tener en cuenta los aspectos económicos.

Lo más general es efectuar 2 soldaduras separadas y esto lleva a dos alternativas. El lado plaqueado puede ser soldado primero usando el aporte apropiado y luego soldar el lado de acero o viceversa.

Debe prestarse especial atención a la penetración para minimizar la dilución del metal aportado en el lado plaqueado en el metal aportado del lado del acero. El uso de un aporte apropiado para la placa en toda la unión ayuda a minimizar el problema.

En las figuras 1, 2, 3, 4 y 5, pueden apreciarse ciertos detalles concernientes a las juntas.

4- Corte de aceros plaqueados.-

Las técnicas de corte oxi-gas, pueden ser aplicadas del lado de la chapa de acero. Las técnicas de corte por inyección de polvos muestran ciertas ventajas en el corte del lado plaqueado. La técnica de oxi-arco son útiles para perforaciones o agujereado. Otra técnica aplicable y probablemente la mejor sea la de corte con arcoplasma.

5- Procedimiento para la soldadura de aceros plaqueados con níquel.-

La dilución del hierro en el depósito es un aspecto importante que debe ser tomado en cuenta en la soldadura de aceros plaqueados con níquel. Para muchas aplicaciones, la presencia del hierro no es seria, pero para otras aplicaciones en donde es importante la resistencia a la corrosión, puede fijarse un máximo de un 5 % de hierro. El control del contenido de hierro depende en cierta medida de la elección del electrodo y el procedimiento a utilizar.

La varilla debe ser necesariamente de níquel y esto es particularmente importante ya que el contenido de hierro no puede ser balanceado por ajuste de la

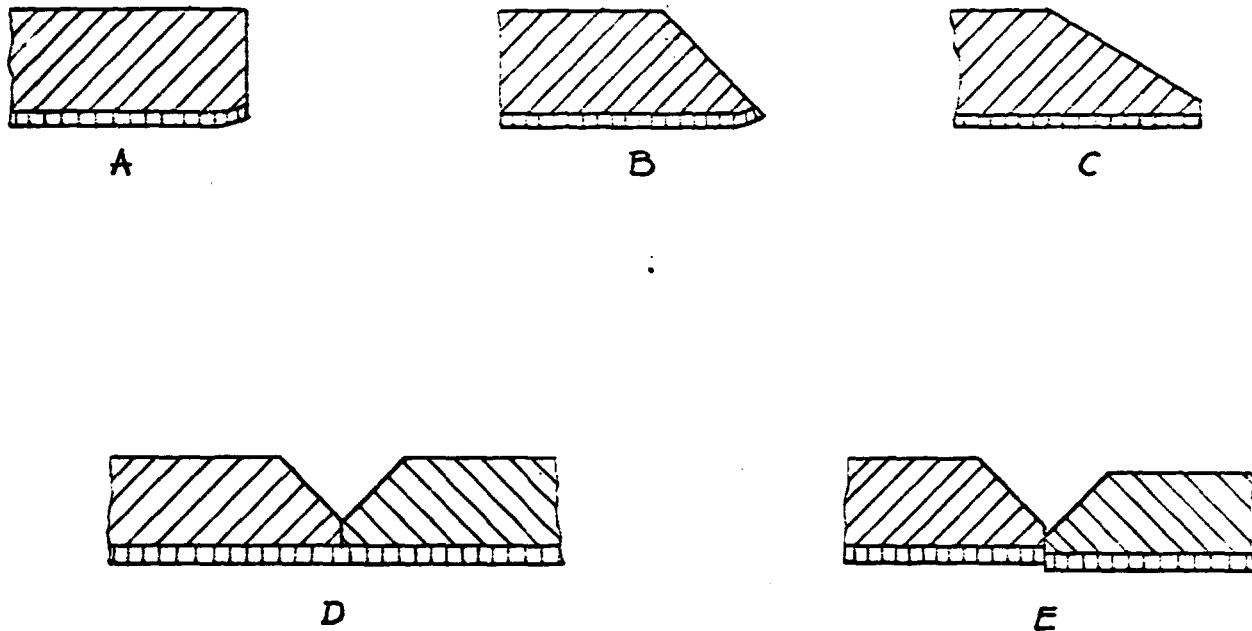


FIGURA 1: EFECTO DEL CORTE Y MALA ALINEACION

- | | |
|--|---------------------------|
| A) EFECTO DEL CORTE | D) ALINEACION CORRECTA |
| B) CORTADA Y CHAFLANADA | E) ALINEACION INCORRECTA. |
| C) CORTADA, CHAFLANADA Y MAQUINADA A ESCUADRA. | |

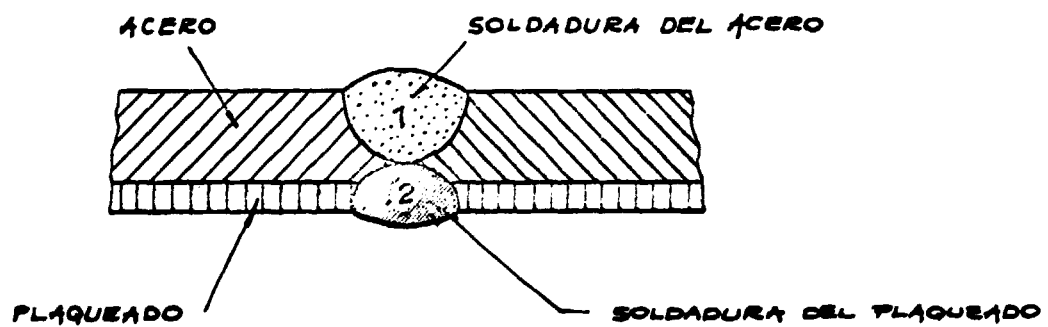
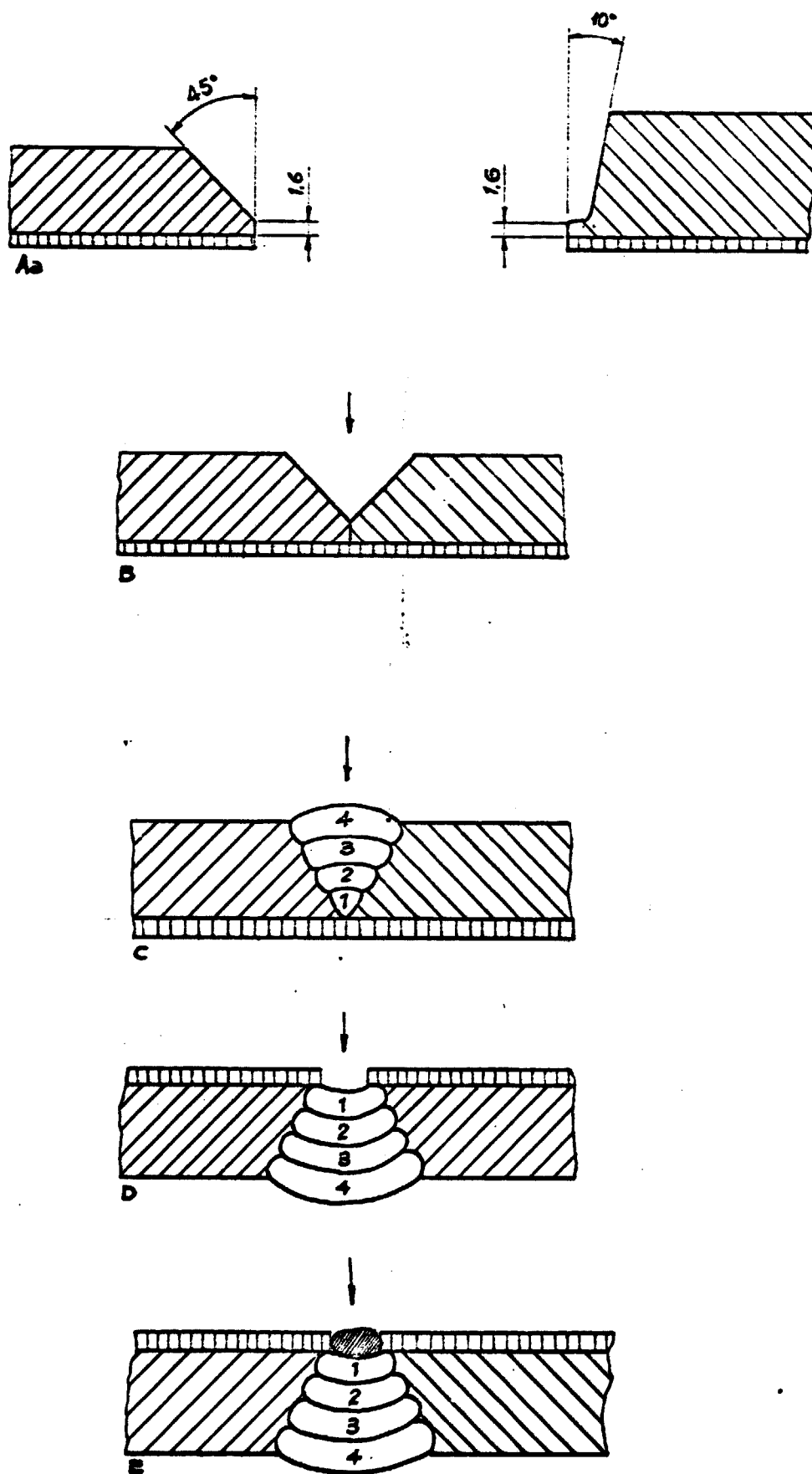


FIG. 2 . SOLDADURA A TOPE DE ACERO PLAQUEADO.



TIG. 3. PASOS EN EL METODO NORMAL DE PREPARACION Y SOLDADURA DE ACEROS PLACUADOS.

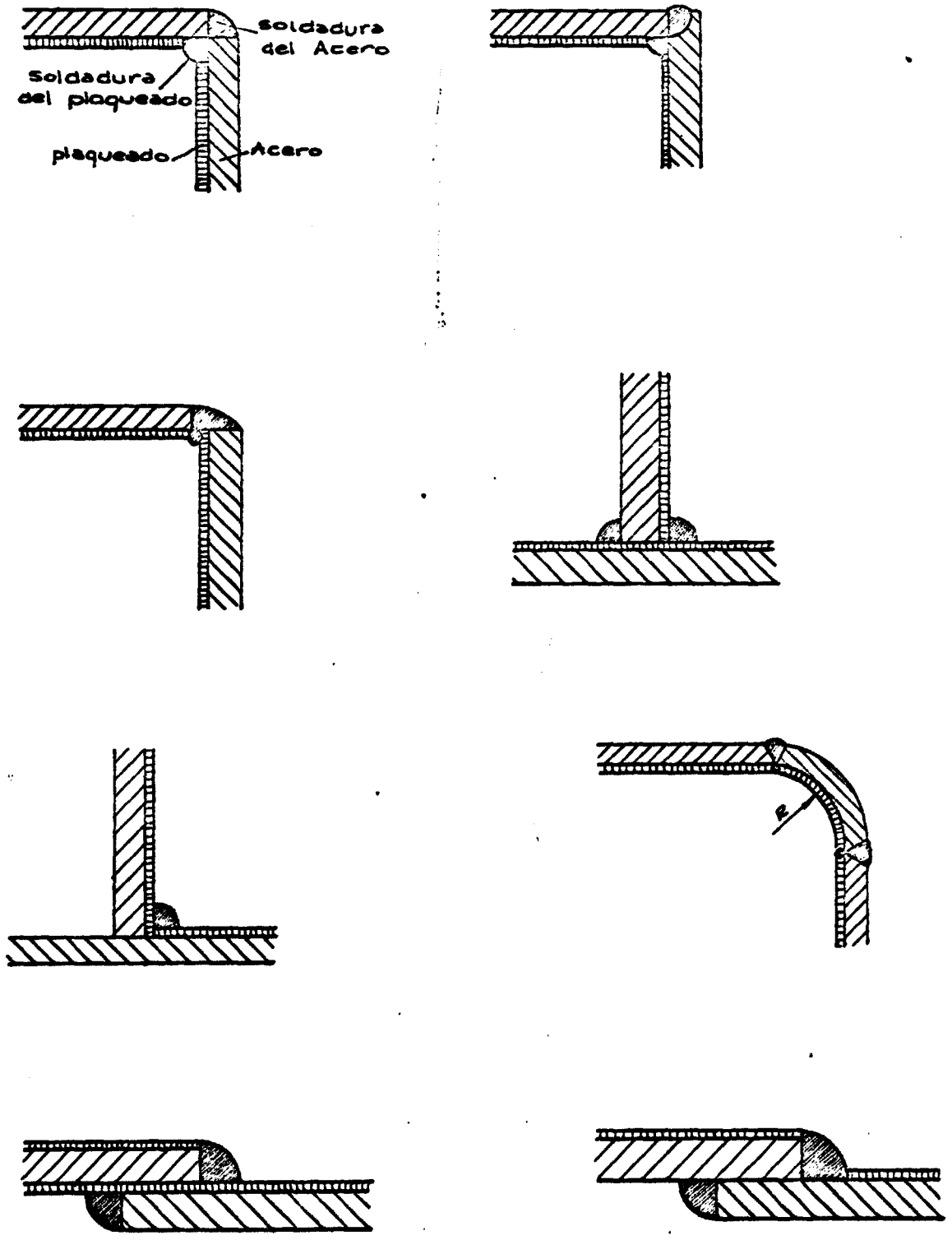
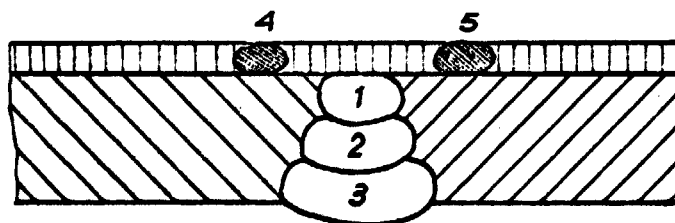
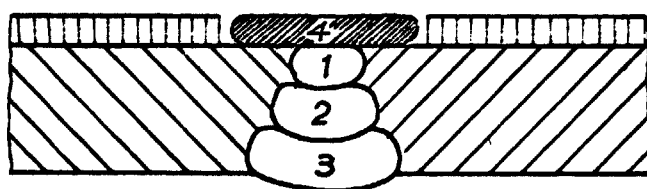
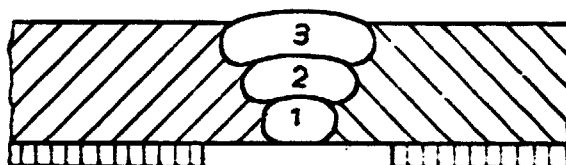
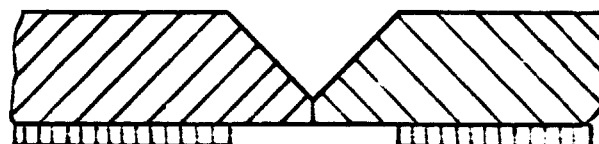


FIG 4 VARIACIONES DEL PROCESO DE SOLDADURA NORMAL DE ACERO PLAQUEADO



TIG.5. PREPARACION DE JUNTAS Y METODOS DE SOLDADURA DE ACEROS PLAQUEADOS CON ACERO INOXIDABLE AUSTENITICO. ABAJO UTILIZANDO UN INSERTO

naturaleza del revestimiento del electrodo.

La técnica esencial para la soldadura de aceros plaqueados con níquel radica en utilizar cordones cortos de poca profundidad con electrodos de pequeño diámetro; para lograr la caída del contenido de hierro en las pasadas subsiguientes. Otra de las formas de disminuir el contenido de hierro es eliminando la parte superior de cada pasada antes de ejecutar la siguiente; en chapas entre 5 y 8 mm de espesor, si el plaqueado es menor del 20 % del total, una dilución de hierro será prácticamente inevitable.

Las siguientes técnicas, han dado resultados altamente satisfactorios en aceros plaqueados con un 20 % de su espesor.

En un método, el lado de acero se suelda con un electrodo de níquel ϕ 3,25 mm con el mismo sin penetrar la garganta. Luego se suelda el otro lado con el mismo electrodo, previa limpieza del cordón anterior con un cepillo de acero inoxidable.

En el segundo método se suelda primero el lado plaqueado utilizando un electrodo de Inconel o de acero inoxidable.

Nota: existen ciertos electrodos de níquel con alto contenido de carbono en sus revestimientos, desarrollados para la soldadura de fundición gris. Tales electrodos, no deben ser usados para soldar aceros plaqueados con níquel o níquel sólo.

6- Procedimiento para la soldadura de aceros plaqueados con Monel.-

La mayoría de los puntos discutidos para la soldadura de los aceros plaqueados con níquel, son aplicables a los plaqueados con Monel. A pesar de eso, existe una diferencia importante en lo que se refiere a la dilución del hierro: la dilución del hierro en el Monel, produce una fragilidad que induce al agrietamiento en caliente. Existen dos técnicas para evitar este problema. Una consistente en aplicar un cordón de níquel en el lado plaqueado primero y la otra en soldar con un electrodo de Monel.

7- Procedimiento para la soldadura de aceros plaqueados con Inconel.-

Nuevamente existen las mismas consideraciones que para los casos de níquel y Monel. Se ha encontrado que se obtienen resultados satisfactorios utilizando electrodos 80/20 níquel-cromo.

8- Procedimiento para la soldadura de aceros plaqueados con inoxidable austenítico.-

Los aceros inoxidables austeníticos son ampliamente utilizados para el plaqueado de aceros. Los más solicitados son el 18/8 cromo-níquel, estabilizados o no. Existen básicamente tres tipos de aporte que dependen de las condiciones de servicio.

Tales son 25/20, 25/12 y 25/10 de cromo-níquel. Los métodos usuales de soldadura utilizados consisten fundamentalmente en soldar el lado de acero con un electrodo ferrítico y completar la soldadura del lado plaqueado con la aleación apropiada. Otro método consiste en ejecutar toda la unión utilizando un electrodo aleado.

9- Problemas posibles en la soldadura de aceros plaqueados.-

Quando se utiliza níquel o aleaciones con alto contenido de níquel, la contaminación con azufre constituye uno de los principales problemas ya que causa películas intergranulares que provocan fisuración. Por lo tanto, deben limpiarse profundamente restos de grasa, pintura o aceite de corte.

Si se origina porosidad en la soldadura del lado plaqueado, esta debe asociarse a una corriente de soldadura excesiva o a electrodos defectuosos.

Las mordeduras o socavaciones, constituyen un gran problema ya que disminuyen el espesor del plaqueado y a la vez actúan como concentradores de tensiones.

El agrietamiento en los cuatens puede eliminarse fácilmente con una correcta finalización del cordón o un buen reencendido del arco.

GUIA PARA LA SELECCION DEL APORTE APROPIADO EN LA SOLDADURA DE ACERO INOXIDABLE.

CONTENIDO:

- Introducción
- Tabla para la selección del aporte apropiado para la soldadura de los aceros inoxidables ASTM.
- Comentarios sobre los grados de electrodos de acero inoxidable AWS más comunes.

Que grado de acero inoxidable es el mejor?

Esta pregunta aparentemente clara, marca una respuesta. No "existe" el "mejor" grado de acero inoxidable. Cada grado tiene distintas combinaciones de propiedades. Probablemente puedan ser utilizados más que un grado de acero inoxidable. La norma AWS A5.9 lista cerca de 30 grados distintos de aportes de acero inoxidable. A pesar de la complejidad que presenta, esto tiende a cubrir los grados más populares. La lista total de grados AISI supera los 100 ítems.

Sin embargo es bobreentendible que la confusión exista al elegir el material de base o el aporte apropiado para cada aplicación, en particular. El problema se complica aún por el lado de que dos o más grados de acero son teóricamente aplicables a cada caso. La última elección será dictada entonces por los factores económicos de la aplicación potencial combinados con las variables operativas y la vida útil proyectada.

Las tablas que siguen son solamente sugerencias para la elección del material. Bajo ningún concepto se pretende eliminar la necesidad del mejor juicio ingenieril del diseñador o fabricante basado en el conocimiento de la aplicación y condiciones de operación.

ESPECIFICACION ASTM	TIPO O GRADO	GRADO AWS		PRECALENTAMIENTO POSTCALENTAMIENTO
		ELECTRODO	ALAMBRE	
A1-68	A 11	E 312	Er 312	Pre
A2-69	A 11	E 312	Er 312	Pre
A47-74	—	ENi-Cl ENiFe-Cl	—	Pre Pre
A74-75	—	ENi-Cl ENiFe-Cl	—	Pre Pre
A126-73	A 11	ENi-Cl ENiFe-Cl	—	Pre Pre
A142-67	—	ENi-Cl ENiFe-Cl	—	Pre Pre
A159-72	A 11	ENi-Cl ENiFe-Cl	—	Pre Pre
A176-72	403,405,409 410,410 S 430	E 410 E 309 E 309	ER 410 ER 309	Pre-post Pre-post Pre
A182-75	F5 E F5a F6 F7 E F9 F304 EF304H 304 L F 310 F 316 F 316 L F321,F321 H F347,F347 H F348,F348 H F 10	E 502 E 309 E 410 E 309 E 309 E 308 E 308 L E 310 E 316 E 316 L E 347 E 308 L E 347 E 309	ER 502 ER 309 ER 410 ER 309 ER 309 ER 308 ER 308 L ER 310 ER 316 ER 316 L ER 347 ER 308 L ER 347 ER 308 L ER 309	Pre-post Pre-post Pre-post Pre-post
A193-75	B5 B6 B8 B8C,B8T B8M,B8MA	E 502 E 309 E 410 E 309 E 308 E 347 E 308 L E 316	ER 309 ER 410 ER 309 ER 308 ER 347 ER 308 L ER 316	Pre-post Pre-post Pre-post Pre-post Pre-post

ESPECIFICACION ASTM	TIPO O GRADO	GRADO AWS		PRECALENTAMIENTO
		ELECTRODO	ALAMBRE	POSTCALENTAMIENTO
A 194-75	3	E 502 E 309	- ER 309	Pre-post
	8,8A 8C,8CA 8M,8MA 8T,8TA	E 308 E 347 E 316 E 308 L E 347	ER 308 ER 347 ER 316 ER 308 L ER 347	
A199-75	T5 T7 E T9 T21	E 502 E 309 E 309 E 502 E 309	ER 502 ER 309 ER 309 ER 502 ER 309	Pre-post Pre-post Pre-post Pre-post Pre-post
A 200-75	T5 T7 E T9 T21	E 309 E 502 E 309 E 309 E 502 E 309	ER 309 ER 502 ER 309 ER 309 ER 502 ER 309	Pre-post Pre-post Pre-post Pre-post Pre-post Pre-post
A 213-75	T5,T5b,T5c T7 T21 TP 304, TP 304 H TP 304 L TP 310 TP321,TP321H TP347,TP347H, TP348,TP348H, TP316,TP316H TP 316 L	E 502 E 309 E 309 E 502 E 309 E 308 E 308 L E 310 E 347 E 316 E 316 L	ER 502 ER 309 ER 309 ER 502 ER 309 ER 308 ER 308 L ER 310 ER 347 ER 316 ER 316 L	Pre-post Pre-post Pre-post Pre-post Pre-post Pre-post Pre-post
A 217-75	C5 C 12 CA 15	E 502 E 309 E 309 E 410	ER 502 ER 309 ER 309 ER 410	Pre-post Pre-post Pre-post
A 220-71		EN1-C1 EN1Fe-C1		Pre Pre

ESPECIFICACION ASTM	TIPO O GRADO	GRADO AWS		PRECALENTAMIENTO POSTCALENTAMIENTO
		ELECTRODO	ALAMBRE	
A 234-75	WP 5	E 502 E 309	- ER 309	Pre-post Pre-post
	WP 7	E 309	ER 309	
	WP 9			
A 240-75	302,304,305	E 308	Er 308	Pre
	304 L	E 308 L	ER 308 L	
	309 S	E 309	ER 309	
	310 S	E 310	ER 310	
	316	E 316	ER 316	
	316 L	E 316 L	Er 316 L	
	317	E 317	ER 317	
	317 L	E 316 L	ER 317 L	
	321,347 ET 348	E 347 O E308	ER 347 O ER 308 L	
	405	E 410 E 309	ER 410 ER 309	
	410,410 S	E 410	ER 410	
430 A 430 B	E 309	-	Pre-post Pre-post	
A243-70	NETO	E 502	-	Pre-post
A 249-75	TP 304, TP304 H	E 306	ER 308	
	TP 304 L	E 308 L	ER 308 L	
	TP 309	E 309	ER 309	
	TP 310	E 310	ER 310	
	TP 316, TP316H	E 316	ER 316	
	TP316 L	E 316 L	ER 316 L	
	TP 317	E 317	ER 317	
	TP321, TP321 H TP347, TP347H TP348, TP348H	E 347	ER 347	
A 268-75	TP 405	E 410 E 309	ER 410 ER 309	Pre
	TP 410	E 410	ER 410	Pre-post
A 269-75	TP 304	E 308	ER 308	
	TP 304 L	E 308 L	ER 308 L	

ESPECIFICACION ASTM	TIPO O GRADO	GRADO AWS		PRECALENTAMIENTO POSTCALENTAMIENTO
		ELECTRODO	ALAMBRE	
	TP 316	E 316	ER 316	
	TP 316 L	E 316 L	ER 316 L	
	TP 317	E 317	ER 317	
	TP 321,347, ET 348	E 347	ER 347	
A 270-75	304	E 308	ER 308	
A 271-75	TP 304, TP304H	E 308	ER 308	
	TP321, TP321H TP347, TP347H TP348, TP348H	E 347	ER 347	
A 296-75	CFB ET CF20	E 308	ER 308	
	CG-12	E 309	ER 309	
	CF-BN	E 316	ER 316	
	CF-BC	E 347	ER 347	
	CH-20	E 309	ER 309	
	CK-20	E 310	ER 310	
	CE-30	E 312	ER 312	
	CA-15	E 410 E 309	ER 410 ER 309	Pre-post Pre-post
	CF 3	E 308 L	ER 308 L	
	CF-3M	E 316 L	ER 316 L	
	CG-8M	E 317	ER 317	
	CN-7M	E 320	ER 320	
A 297-75	HE	E 312	ER 312	
A 312-74	TP 304, TP305H	E 308	ER 308	
	TP 304 L	E 308 L	ER 308 L	
	TP 309	E 309	ER 309	
	TP 310	E 310	ER 310	
	TP316, TP316H	E 316	ER 316	
	TP 316 L	E 316 L	ER 316 L	
	TP 317	E 317	ER 317	
	TP321, TP321H TP347, TP347H TP348, TP348H	E 347	ER 347	
A 314-75	202-302	E 308	ER 308	
	304, 305, 308, 304 L	E 308 L	ER 308 L	

ESPECIFICACION ASTM	TIPO O GRADO	GRADO AWS		PRECALENTAMIENTO POSTCALENTAMIENTO
		ELECTRODO	ALAMBRE	
	309, 309 S	E 309	ER 309	
	310, 310 S	E 310	ER 310	
	314	E 310	ER 310	
	316	E 316	ER 316	
	316 L	E 316	ER 316 L	
	317	E 317	ER 317	
	321, 327, 348	E 347	ER 347	
		E 308 L	ER 308 L	
	403, 410	E 410	ER 410	Pre-post
	405	E 309	ER 309	Pre-post
A 276-75	302, 302 B	E 308	ER 308	
	304, 308, 304L	E 308 L	ER 308 L	
	309	E 309	ER 309	
	310	E 310	ER 310	
	316	E 316	ER 316	
	317	E 317	ER 317 L	
	321	E 347	ER 347 L	
		E 308 L	ER 308 L	
	347	E 347	ER 347	
	410	E 410	ER 410	Pre-post
	414, 416	E 310	ER 310	Pre-post
	420 ET 430	E 430	ER 430	Pre-post
	501, 502	E 502		Pre-post
		E 309	ER 309	Pre-post
	470 A, B ETC, 446	E 309	ER 309	pre-post
A 320-74	L7 ET L43	E 502		Pre-post
	B8	E 308	ER 308	
	B8C, B8D, B8T	E 347	ER 347	
		E 308 L	ER 308 L	
	B8M	E 316	ER 316	
A 335-75	F5, F5C	E 502		Pre-post
		E 309	ER 309	Pre-post
	F7, F9	E 309	ER 309	Pre-post
A 336-70	F5, F5-	E 512		Pre-post
		E 309	ER 309	Pre-post

ESPECIFICACION ASTM	TIPO O GRADO	GRADO AWS		PRECALENTAMIENTO
		ELECTRODO	ALAMBRE	POSTCALENTAMIENTO
	F6	E 410 E 309	ER 410 ER 309	Pre-post Pre-post
	F 32	E 502 E 309	ER 309	Pre-post Pre-post
	F 8	E 308	ER 308	
	F 8M	E 316	ER 316	
	F 8c, F8t	E 347 E 308 L	ER 347 ER 308 L	
A 338-72		E Ni-C1 ENiFe-C1		Pre Pre
A 351-75	CF8	E 308	ER 308	
	CF3, CF3A	E 308 L	ER 308 L	
	CF3 M	E 316 L	ER 316 L	
	CF8M	E 316	ER 316	
	CF8C	E 347 E 308 L	ER 347 ER 308 L	
	CH8, Ch10	E 309	ER 309	
	CK 20	E 310	ER 310	
	CF10 MC	E 318	-	
A 369-75	FP5	E 502 E 309	ER 309	Pre-post Pre-post
	FP7, FP9	E 309	ER 309	
A 376-75	TP304, TP304H	E 308	ER 308	
	TP316, TP316H	E 316	ER 316	
	TP321, TP321H	E 347	ER 347	
	TP347, TP347H	E 347	ER 347	
	TP348, TP348H	E 347	ER 347	
	16-8-2H	E 16-8-2	ER 16-8-2	
A 377-73		ENi-C1 ENiFe-C1	-	Pre Pre
A 403-75	WP 304	E 308	ER 308	
	WP304H1, WP304 L	E 308 L	ER 308 L	
	WP 309	E 309	ER 309	
	WP 310	E 310	ER 310	
	WP321, WP321H	E 347 E 308 L	ER 347 -	

ESPECIFICACION ASTM	TIPO O GRADO	GRADO AWS		PRECALENTAMIENTO POSTCALENTAMIENTO
		ELECTRODO	ALAMBRE	
	WP347, WP347H	E 347	ER 347	
	WP 348	E 347 E 308 L	ER 347 ER 308 L	
	WP 316, WP316H	E 316	ER 316	
	WP 316 L	E 316 L	ER 316 L	
	WP 317	E 317	ER 317	
A 409-75	TP 304	E 308	ER 308	
	TP 309	E 309	ER 309	
	TP 310	E 310	ER 310	
	TP 321	E 308 L E 347	ER 308 L ER 347	
	TP 316	E 316	ER 316	
	TP 317	E 317	ER 317	
	TP 348	E 347 E 308 L	ER 347	
A 412-72	201, 202	E 308	ER 308	
A 429-75	XM-19	E 309	ER 309	
A 430-75	FP304, FP304H	E 308	ER 308	
	FP316, FP316H	E 316	ER 316	
	FP321, FP321H	E 347	ER 347	
	FP347, FP347H	E 347	ER 347	
	FP 16-8-2H	E 16-8-2	ER 16-8-2	
A 436-76	A 11	E Ni-Cl ENiFe-Cl	- -	Pre Pre
A 451-75	CPF 8	E 308	ER 308	
	CPF8M	E 316	ER 316	
	CPF 10 MC	E 318	ER 318	
	CPF 8 C	E 347	ER 347	
	CPH 8	E 309	ER 309	
	CPH10, CPH20, CPH30	E 309	ER 309	
	CPK 20	E 310	ER 310	
A 452-75	TP 304 H	E 308	ER 308	
	TP 347 H	E 347	ER 347	
	TP 316 H	E 316	ER 316	
A 473-75	202	E 308	ER 308	

ESPECIFICACION ASTM	TIPO O GRADO	GRADO AWS		PRECALENTAMIENTO POSTCALENTAMIENTO
		ELECTRODO	ALAMBRE	
	302, 302B	E 308	ER 308	
	304	E 308	ER 308	
	304 L	E 308 L	ER 308 L	
	305	E 308	ER 308	
	308	E 308	ER 308	
	309, 309 S	E 309	ER 309	
	310, 310 S	E 310	ER 310	
	316	E 316	ER 316	
	316 L	E 316 L	ER 316 L	
	317	E 317	ER 317	
	321	E 308 L E 347	ER 308 L ER 347	
	347	E 347	ER 347	
	347, 348	E 347 E 348 L	ER 347 ER 348 L	
	403, 410, 410S	E 410	ER 410	Pre-post
	502	E 502		Pre-post
A 479-75	302, 304	E 308	ER 308	
	304 L	E 308 L	ER 308L	
	310 S	E 310	ER 310	
	316	E 316	ER 316	
	316 L	E 316	ER 316 L	
	321	E 308 L E 347	ER 308 L ER 347	
	347, 348	E 347	ER 347	
	410	E 410	ER 410	Pre-post
A 493-70	302, 304, 305	E 308	ER 308	
	316	E 316	ER 316	
	321	E 308 L E 347	ER 308 L ER 347	
	347	E 347 E 308 L	ER 347 ER 308 L	
	410	E 410	ER 410	
A 511-75	MT 304	E 308	ER 308	
	MT 304 L	E 308 L	ER 308 L	
	MT309, MT309S	E 309	ER 309	
	MT310, MT310S	E 310	ER 310	

ESPECIFICACION ASTM	TIPO O GRADO	GRADO AWS		PRECALENTAMIENTO POSTCALENTAMIENTO
		ELECTRODO	ALAMBRE	
	MT 316	E 316	ER 316	
	MT 316 L	E 316 L	ER 316 L	
	MT 317	E 317	ER 317	
	MT 321	E 347	ER 347	
	MT 347	E 308 E 347	ER321, ER321L ER 347	
	MT 410	E 410	ER 410	Pre-post
	MT 430	E 309		Pre-post
A 554-75	MT 301	E 308	ER 308	
	MT 302	E 308	ER 308	
	MT 304	E 308	ER 308	
	MT 304 L	E 308 L	ER 308 L	
	MT309, MT309S	E 309	ER 309	
	MT309 S Cb	E 309 Cb	ER 309 Cb	
	MT310, MT310S	E 310	ER 310	
	MT 316	E 316	ER 316	
	MT 316 L	E 316 L	ER 316 L	
	MT 317	E 317	ER 317	
	MT 321	E 308 L E 347	ER 308 L ER 347	
	MT 330	E 330	ER 330	
	MT 347	E 347	ER 347	
	MT 430	E 309	-	Pre post
A 632-75	TP 304	E 308	ER 308	
	TP 304 L	E 308 L	ER 308 L	
	TP 310	E 310	ER 310	
	TP 316	E 316	ER 316	
	TP 316 L	E 316 L	ER 316 L	
	TP 321	E 347 E 308 L	ER 347	
	TP 347	E 347 E 308 L	ER 347 -	
	TP 348	E 347 E 308 L	ER 347 ER 308 L	
	TP 317	E 317	ER 317	

ESPECIFICACION ASTM	TIPO O GRADO	GRADO AWS		PRECALENTAMIENTO POSTCALENTAMIENTO
		ELECTRODO	ALAMBRE	
A 651-75	TP 304	E 308	ER 308	
	TP 316	E 316	ER 316	
A 688-74	TP 304	E 308	ER 308	
	TP 304 L	E 308 L	ER 308 L	
	TP 316	E 316	ER 316	
	TP 316 L	E 316 L	ER 316 L	
A 666-72	201,202	E 308	ER 308	
	301,302,316	E 316	ER 316	

NOTAS:-Los aceros (según ASTM) que no se encuentren incluidos en la tabla, no tienen (según ASTM) un grado de electrodo correspondiente y por lo tanto deberá buscarse otra especificación tal como ASME, DUPONT, G.E., WESTINHOUSE, etc.

-Las Normas AWS que especifican los grados AWS enumerados son :A5.4 y A5.15

USOS DE LOS ELECTRODOS DE ACERO INOXIDABLE.Martensíticos y ferríticos (AWS E502 y E 410)

Estos electrodos se usan generalmente para soldar materiales base de la misma composición. Aquellos grados con menos contenido de cromo, tienen una resistencia a la corrosión relativamente pequeña y por lo tanto pueden ser utilizados en medios medianamente corrosivos, o poco descamantes como ejemplo, un material 5CrMo, no es técnicamente un acero inoxidable ya que su contenido de Cr es menor del 11 % pero se usa ampliamente en conducción de vapor a alta presión y temperatura (temperaturas por debajo de 600°C) Bajo estas condiciones, su resistencia al descamado es satisfactoria.

Austeníticos:AWS E 308

Es recomendado para la soldadura de los aceros inoxidables más populares, comúnmente conocido como el grupo de los aceros 18-8. Incluye los aceros AISI tipos 201, 202, 204, 301, 302, 304, 305 y 308. Estos aceros son frecuentemente utilizados en aplicaciones decorativas, estructurales y resistentes a la corrosión.

ANS E 309, E 309 Cb y E 309 Mo

En principio son utilizados para soldar aceros AISI tipo 309 para aplicaciones resistentes al calor. Los electrodos E 309 y E 309 Mo, son frecuentemente utilizados para soldar materiales discímiles y plaqueados de acero al carbono. Los altos contenidos de Cr y Ni, permiten una dilución considerable en la soldadura de aceros al carbono y de baja aleación sin pérdida de ductilidad. El tipo E 309, también puede ser utilizado, si las condiciones corrosivas del medio y el alto coeficiente de expansión lo permiten, en la soldadura de aceros ferríticos o martensíticos de alto contenido de Cr.

ANS E 310, E 310 Cb y E 310 Mo

Estos electrodos son usualmente utilizados en las soldaduras sometidas al calor, en materiales discímiles. Tal como las aleaciones resistentes al calor, tienen una alta resistencia al descamado (scaling) y alta resistencia mecánica particularmente con el agregado de Mo. Los grados E 310 y E 310 Mo, son utilizados frecuentemente en la soldadura de aceros discímiles incluyendo los de alto contenido de Cr tal como para el caso de los grados E 309 y E 309 Mo.

AWS E 316:

Utilizado para soldar aceros AISI 316. El agregado de Mo aumenta la resistencia del acero al picado. También se utiliza cuando se necesita una alta resistencia a la fluencia en caliente (resistencia a creep)

AWS 317:

Se aplica en la soldadura de aceros AISI 317. Al igual que en el caso del AWS E 316, el agregado de Mo le aumenta la resistencia al picado. Este tipo de electrodo es reemplazable por el E 316.

AWS 318:

Es básicamente un E 316 estabilizado con Cb (columbio) que le aumenta la resistencia a la corrosión intergranular.

AWS E 347:

Está recomendado para la soldadura de aceros AISI 347. El columbio en el depósito previene la precipitación de carburos en el rango de 425 a 815° C. Los aceros inoxidables estabilizados son necesarios donde el producto está sometido a este rango de temperaturas más que unos pocos minutos y por lo tanto se aplican donde se requiere una máxima resistencia a la corrosión.

AWSE 308 L, E 316 L, E 317 L

Estos son las versiones de bajo carbono de los grados estandar para la soldadura de los aceros L laminados o fundidos. Pueden ser utilizados como sustitutos de los grados estandar o los estabilizados siempre que las temperaturas de servicio se mantengan por debajo de 315 °C.

AWS E 312:

El tipo E 312 es una aleación popular para los aceros difíciles de soldar. El alto contenido de ferrita y el coeficiente de expansión que se encuentra entre el de un austenítico y un martensítico, lo hace ideal para disminuir este tipo de problemas. Esta aleación se usa en general para aplicación a altas temperaturas donde la resistencia a creep debe ser buena.

ANS E 16-8-2:

Esta es una aleación inicialmente desarrollada para su aplicación en intercambiadores de calor como sustituto del 347. El material también muestra excelentes propiedades a baja temperatura.

ANS E 320:

El metal de aporte tiene una excelente resistencia al ataque con ácido sulfúrico y muchos de otros líquidos corrosivos que ejercen químicamente acciones reductoras. Esta aleación se comporta bajo estas condiciones, más satisfactoriamente que la del tipo 316.

TRABAJOS EN TORNO

RELACION ENTRE VELOCIDAD, AVANCE Y PROFUNDIDAD DE CORTE PARA DIFERENTES MATERIALES A TORNEAR CON HERRAMIENTAS DE ACERO RAPIDO O HERRAMIENTAS CON INSERTOS DE METAL DURO

1- DEFINICIONES:1-1. VELOCIDAD de CORTE : V.

Es la velocidad lineal y tangencial de la pieza a torneear y es igual a:

$$V = 3,14 \times d \times n.$$

V : Velocidad de corte en metros por minuto.

d : Diámetro de la pieza a torneear en metros.

n : Número de revoluciones de la pieza por minuto, el cual se obtiene con las palancas de cambio del torno.

La tabla nº 1 da la relación entre los diámetros a torneear y el número de revoluciones del torno, para diferentes velocidades de corte.

La velocidad de corte depende del material a torneear, del avance de la operación, de la profundidad y del material de la herramienta.

1-2. AVANCE LATERAL : S.

Es el movimiento de la herramienta, paralelo al eje de la pieza en milímetros por vuelta de la pieza y que se obtiene con la caja de avances del / torno.

1-3. PROFUNDIDAD de CORTE : d.

Avance de la herramineta en sentido radial de la pieza a torneear que se impone con el carro transversal del torno antes de iniciar la operación, utilizando el dial. Se expresa en milímetros.

1-4. REFRIGERACION RECOMENDADA.

En la operación de cilindrar o refrentar se utilizan refrigerantes, cuya misión principal es la de refrigerar el filo de la herramienta, para separar más las paradas del torno por reafilamiento de la herramienta. Además

el refrigerante evita que suba la temperatura de la pieza, lo que es importante para la medición de la pieza.

Símbolos utilizados en la tabla:

S : Aceite de corte

B : Aceite soluble

R : Aceite de Linaza

P : Petróleo

D : Seco o refrigeración por aire.

1.5. MATERIAL DE LA HERRAMIENTA.

SS : Acero rápido

HM : Herramienta con inserto de metal duro.

2- CALCULO DEL TIEMPO DE UNA OPERACION EN EL TORNO.

Para el cálculo del tiempo que requiere una operación en el torno se utilizan las siguientes formulas:

2-1 CILINDRAR:

$$t = \frac{3,14 \times d \times l}{s \times v}$$

t : tiempo de la operación en minutos

d : diámetro de la pieza en metros

l : Longitud a tornear en milímetros

v : velocidad de corte en metros por minuto

s : profundidad de corte en milímetros por vuelta.

2-2 REFRENTAR.

$$t = \frac{3,14 \times d \times l_1}{s \times v}$$

$$l_1 = \frac{d}{2}$$

3-2 TABLA 2 : VELOCIDAD DE CORTE

Material de la pieza a torneear	Material Herramienta.	DESBASTE			REFRIGERACION	PASO FINAL			REFRIGERACION
		v m/min	s mm/vuelta	d mm		v m/min	s mm/vuelta	d mm	
Acero c/Resist. hasta 50 Kg/mm ²	Ss	22	1	10	B	30	0,5	1	B o P
	Hm	150	2,5	15		250	0,25	1,5	
Acero c/Resist. 50 a 70 Kg/mm ²	Ss	20	1	10	B	24	0,5	1	B o P
	Hm	120	2,5	15		200	0,25	1,5	
Acero c/Resist. 70 a 90 kg/mm ²	Ss	15	1	10	B o S	20	0,5	1	B o P
	Hm	80	2	15		140	0,2	1,5	
Acero para herramientas	Ss	12	1	8	B	16	0,5	1	R o P
	Hm	30	1,6	5		50	0,15	1	
Fundición de Fe o acero, blandos	Ss	16	1	10	B o D	25	0,5	1	D
	Hm	70	2	12	B	100	0,2	1	
Idem duros	Ss	12	1	10	B o D	20	0,5	1	D o P
	Hm	50	1,5	10	B	70	0,15	1	
Latón blando	Ss	40	0,5	5	B o D	75	0,5	1	D
	Hm	300	1,5	10		450	0,15	1	
Latón duro	Ss	30	0,5	5	B o D	40	0,5	1	D
	Hm	250	1,5	10		350	0,15	1	
Cobre y bronce blando	Ss	25	0,5	5	B o D	35	0,2	1	D
	Hm	300	1,5	10		400	0,15	1	
Cobre y bronce duro	Ss	18	0,5	5	B o D	25	0,5	1	D
	Hm	150	1	10		300	0,15	1	
Aluminio	Ss	300	1,5	6	B o P	500	0,4	0,8	D
	Hm	1000	1	10		1500	0,1	1	
Aleación de Al-Si	Ss	60	1,5	6	B	110	0,4	0,8	aceite mineral
	Hm	150	1	10		250	0,1	1	
Electron	Ss	300	1	10	Fluoruro 4 de sodio %	700	0,1	1	D
	Hm	1000	1	10		2000	0,1	1	
Caucho duro baquelita	Ss	30	0,2	1	D	50	0,08	0,4	D
	Hm	100	0,3	5		200	0,3	0,15	

3- TABLAS.

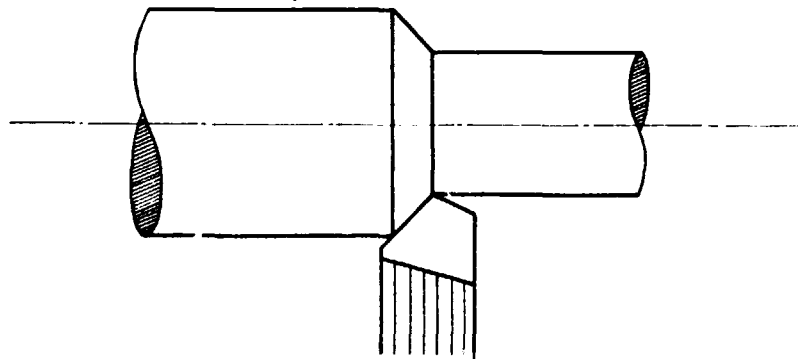
3-1 TABLA I : NUMERO DE REVOLUCIONES

Obtención de piezas cónicas en torno

Uno de los trabajos que muy frecuentemente se deben ejecutar en torno es de dar una forma cónica a una pieza, o parte de ella, sea interior o exteriormente.

1. Para conos cortos con ángulos grandes, los cuales no exigen mucha precisión, se puede hacer uso de una herramienta de perfil, cuyo filo tiene el ángulo y largo del cono a tornearse. Figura 1.-

Estos conos son comunes en piezas a ser soldadas con chaflanes.



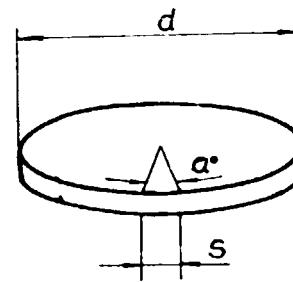
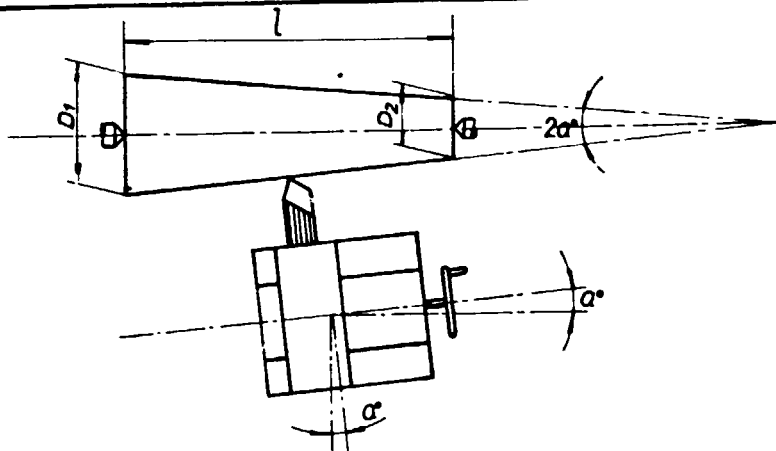
2. Para conos de largos considerables y ángulos pronunciados se puede utilizar el método del ^{cono} superior, inclinado según el ángulo a obtener, pero este método es manual. La precisión de éste método es relativo, puesto que el ^{cono} superior tiene una división en grados, y un buen tornero logra observar hasta $1/4^\circ$. Si se trata de conos de mucha precisión se debe utilizar un patrón e ir aproximando el ángulo exacto con éste durante el trabajo.

Para obtener el ángulo de inclinación del ^{cono} se puede hacer uso de la siguiente fórmula:

$$\operatorname{tg} a = \frac{D_1 - D_2}{2 l}$$
, y luego se busca en las tablas el ángulo correspondiente. Si no se dispone de tablas trigonométricas se puede usar la siguiente fórmula de aproximación:

$$a = \frac{D_1 - D_2}{2 l} \times 28,6$$
 ésta fórmula es exacta hasta 7° y utilizable hasta 12° . Si la base de cono superior no tiene graduación se puede obtener el ángulo de inclinación girando una distancia S, la cual se calcula:

$$s = 3,14 \times d \times \frac{a}{360}$$



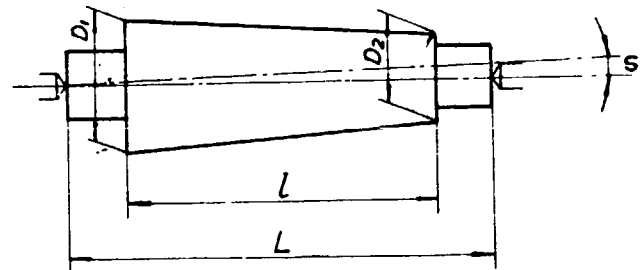
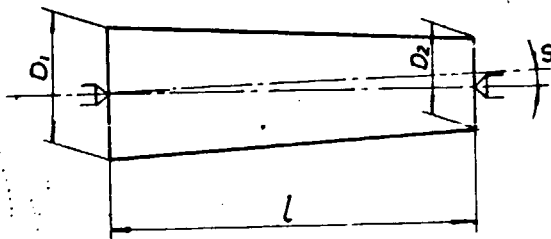
S: Desplazamiento en mm.

3. Para conos largos y de ángulos pequeños se puede desplazar la contrapunto del torno y trabajar con el avance automático, lo cual nos garantiza un mejor acabado y mayor precisión.

Para obtener la cantidad de desplazamiento se puede usar las dos fórmulas siguientes, según el caso:

$$s = \frac{D_1 - D_2}{2} \quad \delta$$

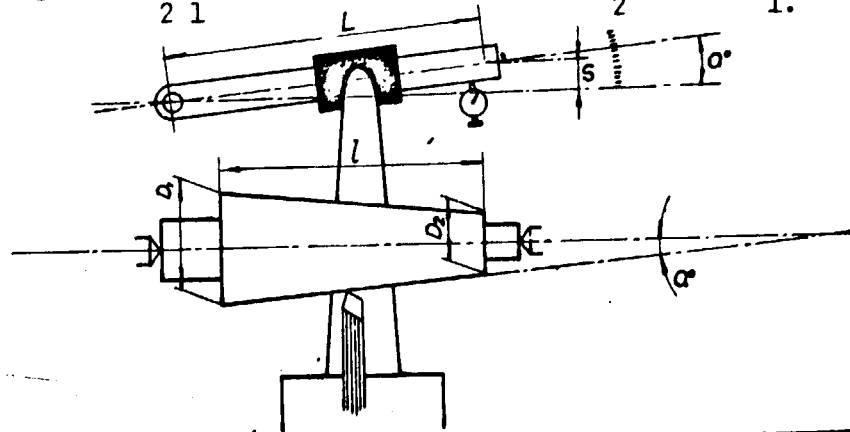
$$s = \frac{D_1 - D_2}{2} \times \frac{L}{l.}$$



4. Si el torno está equipado con un dispositivo para conos se calcula su desplazamiento con las siguientes fórmulas. La longitud y el ángulo de los conos que se puede obtener depende de las dimensiones, del dispositivo; siendo normal hasta 500 mm. de largo y ángulo total de 25°.

$$\text{tg } \alpha = \frac{D_1 - D_2}{2l}$$

$$s = \frac{D_1 - D_2}{2} \times \frac{L}{l.}$$



La segunda fórmula de una mayor exactitud ya que el desplazamiento S se puede hacer por intermedio de un comparador de 1/100 mm., mientras que la primera obliga de leer el ángulo, $a = 1/4^\circ$, lo cual no es tan preciso.

Ejemplo: Cono: $D1 = 18$, $D2 = 14,1 = 90$

$$\text{fórmula 1} = \text{tg } a = \frac{18-14}{2.90} = 0.02222 \text{ tabla } = a = 1^\circ 16'$$

$1^\circ 16'$ podemos aproximar a $1^\circ 10'$ ó $1^\circ 20'$ lo cual nos da =

$$D1-D2 = 3,672$$

$$D1-D2 = 4,194 \quad 0,522 \text{ mm.}$$

fórmula 2 = $S = 11,1111$, si aproximamos con un comparador a 11.1 nos da $D1 - D2 = 3,96$, lo cual nos da una diferencia de 0,04 mm. con el valor teórico contra los 0,52 mm. del método del ángulo.

NOMENCLATURA DE PIEDRAS ESMERILES

Se ha adoptado en forma uniforme un sistema universal de nomenclatura para designar los distintos componentes de una piedra esmeril.

Se consideran cinco factores, que ocupan una posición determinada en la designación de un esmeril.

Posición 1: Factor Abrasivo

Indica el tipo de material abrasivo empleado. Se designa con una letra. Los de uso común son:

A = Oxido de Aluminio

C = Carburo de Silicio

D = Diamante

Posición 2: Factor Tamaño del Grano

El tamaño del grano se indica de acuerdo al tamiz usado en el grado final del grano. Los granos están clasificados en cinco (5) series de números que designan su tamaño como lo indica la siguiente tabla:

Grueso	Mediano	Fino	Muy Fino	Polvo
4	30	70	150	280
6	36	80	180	320
8	46	90	220	400
10	54	100	240	500
12	60	120		600
14				
16				
20				
24				

Posición 3: Factor Grado o Dureza de la Muela

Se designa con una de las 26 letras del alfabeto, clasificadas en cinco (5) grupos y en orden del aumento de dureza:

<u>Muy blandas</u>	<u>Blandas</u>	<u>Semi-duras</u>	<u>Duras</u>	<u>Muy Duras</u>
A-B-C-D-E-F-G	H-I-J-K	L-M-N-O	P-Q-R-S	T-U-V-W-X-Y-Z

Este factor se refiere al material llamado aglomerante o liga, que sirve para unir los granos entre sí. La dureza depende de la cantidad y clase de aglomerante usado. No indica la dureza del material abrasivo, sino la resistencia que presenta el aglomerante al desprendimiento de los granos. Cuando es una muela blanda el desprendimiento es fácil y hay un rápido desgaste de la muela.

Posición 4: Factor Estructura

Corresponde a la proporción que existe entre los granos abrasivos y el aglomerante o material de liga. Determina el tamaño de los poros y la distribución de estos a objeto de dar salida a las virutas.

La estructura se clasifica de acuerdo a una escala numérica que va de "Densa" a "Abierta".

Densa

1-2-3-4-5-6-7-8

Abierta

9-10-11-12-13-14-15- etc.

El espacio entre granos es más amplio, mientras mayor es el número.

NOTA:

Empíricamente se ha encontrado una estructura óptima, la que se ha normalizado, para cada tamaño de grano y grado. La estructura es característica propia de la fabricación de las muelas, por lo tanto, su inclusión en la nomenclatura es optativa. Algunas marcas industriales la omiten.

Posición 5: Factor Aglomerante o Liga

Indica el material y proceso empleado para unir los granos. Se designan con una letra. Los aglomerantes usados son:

V = Vitrificado o cerámico

B = Resinoide o de baquelita

R = Caucho

E = Goma laca

S = Silicato

O = Magnesita u Oxidocloruro de Magnesio

De estos aglomerantes el vitrificado y el silicato son los comúnmente empleados.

Ejemplo:

Una muela lleva la siguiente designación:

Clave: A - 80 - J - 5 - V - BE

(Posición: 1° 2° 3° 4° 5° 6°)

A significa Abrasivo óxido de aluminio.

80 significa Grano de tamaño fino. Es decir el grano "80" es el que pasa por un tamiz de 80 aberturas por pulgada lineal.

J Significa que la dureza de la muela es blanda

5 significa que la estructura de la muela es densa

V significa que el Aglomerante o Liga es vitrificado o cerámico

NOTA:

BE es la marca particular del fabricante para identificar la muela.

Ing. Remi C. Roggeman
Experto ONUDI

GUIA DE SELECCION DE PIEDRAS ESMERILES1 - FACTORES GENERALES

Para la selección de una piedra esmeril deben tenerse presente los siguientes factores:

- 1-1- Características del material a trabajar: su dureza influye en el material del abrasivo, su tamaño de grano y su grado.
- 1-2- La cantidad de material a rebajar determina el tamaño del grano de la piedra y el tipo de aglomerante.
- 1-3- La calidad y la precisión de las superficies amoladas están relacionadas también con el tamaño del grano y el tipo del aglomerante de la piedra.
- 1-4- Tamaño del arco de contacto durante el amolado.

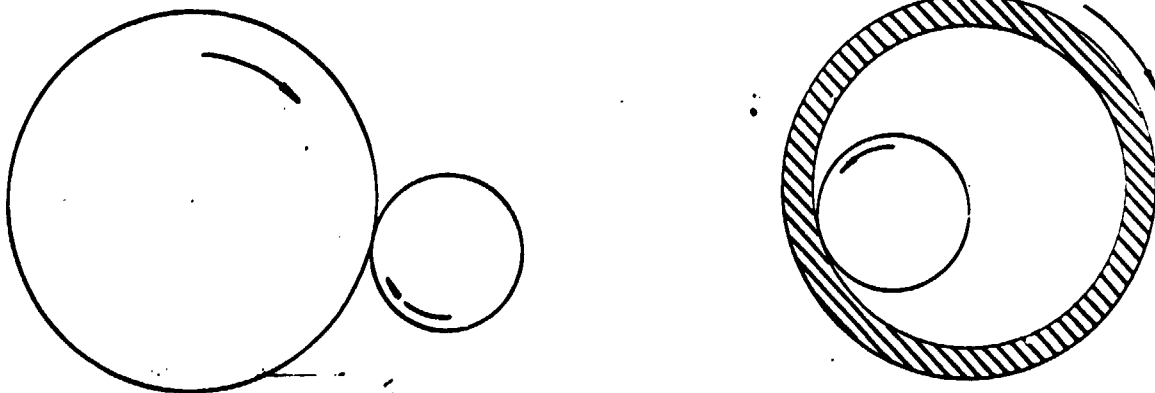
Sólo influye la longitud del arco y no la anchura de la piedra. Se llama arco de contacto al arco formado entre la piedra y la pieza (Figura A y B). Cuando ambas son cilíndricas, el arco generado es mayor en el amolado interior que en el exterior y aumenta a mayores diámetros de la piedra y la / pieza. Su influencia es la siguiente:

1-4-a- Arco de contacto pequeño:

- 1- Pocos granos realizan el corte.
- 2- Excesivo trabajo para cada grano.
- 3- Mientras más pequeño es el arco, más dura debe ser la piedra.

1-4-b- Arco de contacto grande:

- 1- Menor tiempo de operación
- 2- Mayor consumo de energía
- 3- Mayor temperatura producida en el trabajo.



1-5 Medio refrigerante empleado:

Influye en la selección del grado de la piedra, cuando se usa un refrigerante adecuado se puede elegir una piedra de un grado más dura que para la misma operación en seco..

2 - FACTORES ESPECIFICOS.

2-1 Abrasivos:

2-1-1-: OXIDO DE ALUMINIO.

Nombres comerciales: ALOXITE o Alundum. Letra A en el símbolo de la piedra.

Empleo:

Para amolar aceros al carbono, aceros rápidos, hierro maleable recocido, forjado, bronce duros y metales similares. Desbaste de piezas de acero fundido, aceros especiales para herramientas de corte etc.

2-2-2-: CARBURO DE SILICIO.

Nombres comerciales: Carborundum o critolon, letra C en el símbolo de la piedra.

Empleo:

Para rectificar materiales que tienen poca resistencia a la tracción pero extremadamente duros como cerámica, carburo de tungsteno. Especial para trabajos de fundición gris, fundición acerada dura, cobre, bronce, latón, biselado de mármoles, alfarería, aleaciones de temple superficial, afilado de herramientas con carburos metálicos, rebajes de precisión, sustancias no metálicas como cuero, plásticos, etc.

2-1-3-: DIAMANTE:

Su aplicación en la industria será presentado en otro informe. Letra: D.

Empleo:

Para afilado de herramientas de carburos metálicos, pulidos, bruñidos, para cortar carburos metálicos, materiales cerámicos, mármol, vidrio, etc.

2-2 Grano de la piedra:

Empleo de cada una de las series:

Grano Grueso:

Para cortes rápidos, gran producción y mucho desgaste, terminaciones toscas y en general para desbaste en materiales blandos y dúctiles.

Grano Mediano:

Para desbastes de calidad intermedia.

Grano Fino y Muy Fino:

Para acabado de buena calidad, superficies rectificadas en materiales duros y quebradizos.

Polvo:

Para operaciones de asentar y pulidos en general.

2-3 Grado:**A-G-----Muy Blandas:**

Para amolados planos, con gran superficie de contacto.

H-I-J-K----Blandas:

Para esmerilados corrientes de fundición gris; aceros templados, rectificadores interiores en estos materiales, esmerilado plano con regulares superficies de contacto.

L-M-N-O---Semi Duras:

Para esmerilado de aceros corrientes y duros con poco diámetro, afilados a máquina, de brocas, cuchillas de torno y cepillo, sierras, herramientas para trabajar madera, etc.

P-Q-R-S----Duras:

Para desbastes de aceros en operaciones poco precisas en general, afilado manual de herramientas de corte.

T-U-V-W-X-Y-Z---Muy Duras:

Para desbastes con muy pequeños arcos de contacto, esmerilados de grandes piezas de acero con muelas de gran diámetro.

2-4 Estructura:

Los números usuales son: 5,6,7,8.

Las muelas de copa emplean corrientemente el número 8.

2-5 Aglomerante o Liga:

V - Vitrificado.

La liga mas usada es el Vitrificado en un 75% de los casos. No le afectan el agua, ácidos, aceites, ni cambios regulares de temperatura. En general, es usado para amolados de producción y amolados finos de precisión en correctas condiciones de trabajo.

B - Resinoide.

Es usado en amolados con elevado número de revoluciones, desbastes de forma, amolado de roscas, etc.

R - Cauchó.

Es usado en amoladoras portátiles o con ejes flexibles, desbastes de soldaduras de acero inoxidable, operaciones de trozado de barras, etc.

E - Goma Laca.

Rectificado de rodillos, mármol, materiales cromados, en general para obtener acabados lustrosos.

S - Silicato.

Afilados de herramientas de acero rápido con ruedas de diámetro superior a 600 mm.

O - Magnesita

Apenas se emplea para algunos trabajos de rectificado de discos. Es un aglomerante mineral que ha sido reemplazado por el silicato.

3 - EJEMPLO DE SELECCION

Operación:

Afilar una herramienta de acero rápido en una máquina afiladora en seco. Diámetro de la piedra 152 mm. Piedra de copa.

Posición1. Abrasivo

Como se trata de acero rápido, el abrasivo será óxido de aluminio ("A").

2. Grano

La cantidad a desbastar es poca. Como hay desbaste, no puede ser muy fino, si no se calienta demasiado la herramienta, pero también debe quedar una buena terminación. Por lo tanto se toma una calidad intermedia con un grano mediano (A 60).

3. Grado

El trabajo exige precisión. No hay excesivo desbaste y no se puede calentar demasiado la herramienta. El trabajo es en seco y a máquina. Se toma un grado blando. (A 60 J)

4. Estructura

Se usa una piedra de copa. Usualmente tienen estructura 8. (A 60 J 8)

5. Aglomerante o liga.

La liga de uso común es "Vitrificado". Además, la rueda es de diámetro menor de 600 mm. (A 60 J 8 V)

En resumen, la piedra tendría las siguientes características

A-60-J-8-V.

Ing. Remi Roggeman
Experto ONUDI

PRECAUCIONES PARA MONTAJE, MANEJO Y USO DE PIEDRAS ESMERILES.-1.- INSPECCION DE RECIBO DE LAS MUELAS

Debe inspeccionarse detalladamente la muela para asegurarse que no sufrió ningún daño durante el transporte a la industria.

Una prueba corriente y práctica consiste en golpear la rueda suavemente con un golpe corto y rápido con un trozo fino de madera o mango de un destornillador. Si el sonido es claro y metálico, será aceptada. En caso contrario no debe usarse.

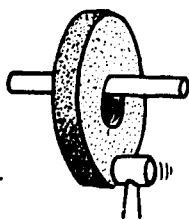
Observación

Las ruedas deben estar secas y limpias, libres de papel o aserrín de lo contrario darán un sonido dudoso y téngase presente que:

1. Las ruedas "Vitrificadas" (V) y de "Silicatos" (S) dan sonido metálico.
2. Las muelas con liga de "Caucho" (R), "Goma laca" (E) y "Resinoides" (B) dan un sonido más profundo.

Es necesario que el encargado tenga experiencia suficiente hasta distinguir claramente el sonido de una y otra liga antes de hacer estas inspecciones.

La muela libremente suspendida debe dar al ser golpeado con el mango de madera un tono claro, limpio. Las muelas con aglomerante vegetal no son sonoras.

2.- ALMACENAJE DE PIEDRAS ESMERILES

1. Se deben tener estantes o cajones apropiados para guardar las piedras.
2. El local dispuesto no debe tener humedad ni temperatura excesiva.
3. La temperatura ambiente ideal está entre 18 y 20°C.

4. Las ruedas de caucho, goma laca y resinoides deben ser apoyadas por sus caras sobre una superficie plana para que no se deformen.
5. Las ruedas cilíndricas y de copa deben colocarse una sobre otra formando pilas, poniendo entre cada piedra cartón o papel secante.
6. Las ruedas pequeñas y de forma es conveniente guardarlas separadamente en cajas.

3.- PAUTAS DE MONTAJE

1. Seleccionar la rueda adecuada para el trabajo.
2. Inspeccionarla por si tiene grietas. Estas pueden provocar accidentes muy graves o fatales.
3. No aumentar el diámetro interior de la rueda para adaptarla a un eje.
4. El ajuste entre el diámetro interior de la rueda y el exterior del eje debe ser suave como para ponerla con presión regular con la mano.
5. No poner a presión con ajuste duro la rueda en el eje, forzándola o golpeándola con algún elemento metálico o no metálico para facilitar el calze en el eje.
6. Usar placas metálicas generales, una a cada lado de la rueda, pulidas y limpias y por lo menos de 1/3 del espesor de la rueda.
7. Poner un papel corrugado, papel secante o cartón entre las placas y la cara de la piedra.
8. Usar tuercas en perfecto estado con contratuerca, en lo posible cilíndricas y no hexagonales.
9. Apretar las tuercas sólo lo necesario para sujetar la piedra en forma segura.

4.- REGLAS GENERALES PREVIAS AL FUNCIONAMIENTO DE UNA MUELA RECIENTE PUESTA.

1. Antes de poner en marcha el motor una persona competente debe inspeccionar la muela.
2. Someter la rueda a pruebas de equilibrio.
3. Revisar cuidadosamente las protecciones del esmeril para asegurarse que están bien puestas y firmes.

4. Hacer funcionar las ruedas nuevas a plena velocidad admisible, según rótulo, durante 2 minutos, antes de comenzar a esmerilar. Para esta inspección el operario debe estar a un costado del esmeril o máquina.
5. No exceder nunca la velocidad admisible de funcionamiento de la rueda, que viene indicada en el rótulo de fábrica como sigue:
Máxima velocidad en m/seg. o pies/min:----R.P.M.
Mínima m/seg. o pies/min.----R.P.M.
6. Al iniciar la labor de la mañana, no forzar la muela con excesiva presión de trabajo porque por efecto de la humedad recibida por la noche la muela puede romperse.
7. Al poner una muela recién rectificada debe volverse a equilibrar.
8. Las muelas rectificadas que por motivos de desgaste no puedan equilibrarse bien, deben ser sacadas del eje y cambiarse.

5.- EQUILIBRIO

Para que la muela funcione segura y sin saltos, debe estar equilibrada.

Hay dos tipos de equilibrio:

1. Estático
2. Dinámico

5-1. Estático

Para obtener un equilibrio estático se debe hacer lo siguiente

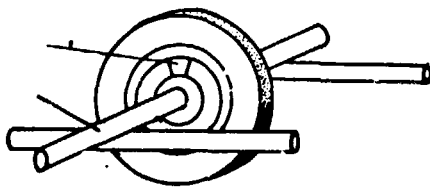
- a) Fijar la muela en un mandril.
- b) Colocar el conjunto rueda mandril sobre dos barras exactamente horizontales y cilíndricas con un diámetro de precisión .
- c) Dejar la rueda en reposo.
- d) Si toma movimiento de vaivén en uno u otro sentido, observar en que sentido se carga más.
- e) Agregar un contrapeso pequeño (puntos de metal, munición, etc.) lo necesario hasta obtener el reposo.

f) Este contrapeso se agrega (o se quita) en el núcleo de plomo salvo aquellas ruedas que de fábrica traen contrapesos para esta regulación. No es conveniente sacar material esmeril por raspado de la piedra.

g) La muela quedará exactamente equilibrada cuando al dejarla en un punto se mantenga en reposo.

5-2. Dinámico

Las muelas anchas, pesadas, no son fáciles de equilibrar estáticamente. Pueden tener puntos pesados en varias partes y que entre sí se equilibren. Debido a esto, a pesar de estar con equilibrio estático, cuando toman velocidad por efecto de los puntos pesados la muela funciona con saltos y de manera insegura. Para las pruebas de equilibrio dinámico, se ocupan máquinas especiales que permiten determinar exactamente los puntos dónde se debe contrapesar.



a) Peso de compensación

b) Mandril de verificación

6.- NORMAS DE EMPLEO

El mayor rendimiento de las muelas depende en gran parte de las condiciones en que éstas trabajan.

Debe tenerse presente lo siguiente:

1. La fundación en que se montará la máquina esmeriladora debe ser sólida.
2. Los ejes deben estar protegidos del polvo.
3. Eliminar en lo posible las vibraciones, perjudican la piedra.
4. Disponer de buenos soportes de apoyo, o bases, para las piezas a trabajar. Estos deben estar a una distancia de 3 a 5 mm. de la cara de la muela.

5. Proteger la piedra de golpes, caídas y otras causas de deterioros.
6. La presión durante el esmerilado no debe ser excesiva, pues aumenta el calentamiento, disminuye el rendimiento de la piedra y su desgaste es demasiado rápido.
7. No debe trabajarse en los cantos de la piedra o en un solo punto. Se produce un desgaste desparejo.
8. Rectificar periódicamente la piedra con un rectificador de esmeriles emparejando la superficie y reavivando las aristas o cantos de la muela.
9. Nunca rectificar con herramientas punzantes, pues se pueden producir grietas, poco visibles muy peligrosas y causantes de roturas.
10. Hacer el contacto al esmerilar con seguridad sin golpes o impactos bruscos.
11. Esmerilar por la periferia de la muela. Para esmerilado lateral use una piedra adecuada.
12. Ser prudente. Hacer uso de las normas de Seguridad Industrial para operaciones de esmerilado.

Ing. Remi C. Roggeman
Experto ONUDI



