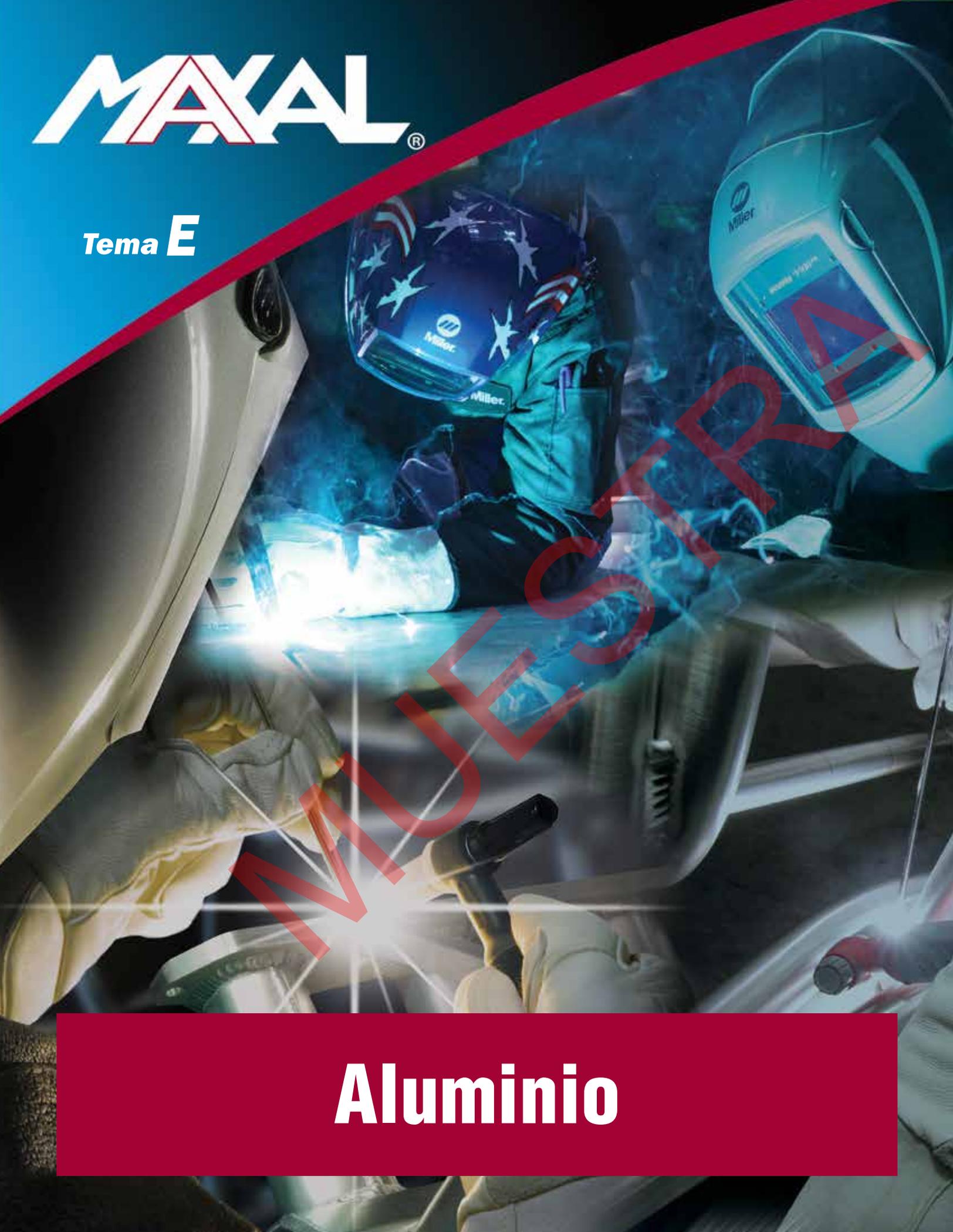


MAXAL[®]

Tema **E**



Aluminio

SEGURIDAD



¡Suelde
y corte
de manera
segura!

Como en todos las ocupaciones, la seguridad es un aspecto fundamental. Dado que existen numerosos códigos y reglamentos de seguridad, recomendamos que siempre lea detenidamente todas las etiquetas y los manuales de uso antes de instalar, utilizar o dar servicio a la unidad. Lea la información relacionada con la seguridad que encontrará al comienzo del manual y en cada sección. También deberá leer y observar el cumplimiento de todas las normas de seguridad pertinentes, en particular la ANSI Z49.1, *Safety in Welding, Cutting, and Allied Processes* (Seguridad en los procesos de soldadura, corte y procesos afines).

La norma ANSI Z49.1 se puede descargar sin costo desde el sitio de Internet de la American Welding Society - AWS (Sociedad Americana de Soldadura) en: aws.org.

A continuación se enumeran otras normas de seguridad y dónde se pueden obtener.

Safe Practices for the Preparation of Containers and Piping for Welding and Cutting (Prácticas de seguridad en la preparación de recipientes y tuberías para la realización de trabajos de soldadura y corte) de la American Welding Society, norma AWS F4.1. Se puede obtener en Global Engineering Documents (teléfono: 1-877-413-5184, sitio web: global.ih.com).

National Electrical Code (Código Nacional Eléctrico Americano), norma 70 de la NFPA. Se puede obtener en la National Fire Protection Association - NFPA (Asociación Americana de Protección contra el Fuego), Quincy, MA 02269 (teléfono: 1-800-344-3555, sitio web: nfpa.org y sparky.org).

Safe Handling of Compressed Gases in Cylinders (Manejo seguro de cilindros de gases comprimidos), folleto P-1, de la CGA. Se puede obtener en la Compressed Gas Association (Asociación de Gas Comprimido), 14501 George Carter Way, Suite 103, Chantilly, VA 20151 (teléfono: 703-788-2700, sitio web: cganet.com).

Safety in Welding, Cutting, and Allied Processes (Seguridad en los procesos de soldadura, corte y procesos afines), norma W117.2 de la CSA. Se puede obtener en la Canadian Standards Association (Asociación Canadiense de Normalización), Standards Sales, 5060 Spectrum Way, Suite 100, Ontario, Canadá L4W 5N5 (teléfono: 800-463-6727, sitio web: csa-international.org).

Safe Practices for Occupational and Educational Eye and Face Protection (Prácticas de seguridad ocupacional y educacional, protección ocular y facial), norma Z87.1 de la ANSI. Se puede obtener en el American National Standards Institute (Instituto Nacional Americano de Normalización), 25 West 43rd Street, New York, NY 10036 (teléfono: 212-642-4900, sitio web: ansi.org).

Standard for Fire Prevention During Welding, Cutting, and Other Hot Work (Norma para la Prevención de Incendios en procesos de corte, soldadura y otros trabajos en caliente), norma 51B de la NFPA. Se puede obtener en la National Fire Protection Association, Quincy, MA 02269 (teléfono: 1-800-344-3555, sitio web: nfpa.org).

OSHA, Occupational Safety and Health Standards for General Industry (Normas de Seguridad y Salud Ocupacional para la Industria en General), Título 29 (Código de Regulaciones Federales - CFR), Parte 1910, Subparte Q y Parte 1926, Subparte J. Se puede obtener en la Superintendencia de documentos, Imprenta del gobierno de los Estados Unidos, Casilla de Correos 371954, Pittsburgh, PA 15250-7954 (teléfono: 1-866-512-1800) (OSHA cuenta con 10 oficinas regionales: el teléfono de la región 5, Chicago, es el 312-353-2220, sitio web: osha.gov).

Folleto *TLVs, Threshold Limit Values* (Valores límite de umbral) de la ACGIH. Se puede obtener en la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales), 1330 Kemper Meadow Drive, Cincinnati, OH 45240 (teléfono: 513-742-3355, sitio web: acgih.org).

Towing a Trailer - Being Equipped for Safety (Consideraciones sobre la seguridad en el remolque de trailers), publicación del Departamento de Transporte de los Estados Unidos, National Highway Traffic Safety Administration (Administración Nacional de Seguridad de Tráfico en Carreteras), 400 Seventh Street, SW, Washington, D.C. 20590

U.S. Consumer Product Safety Commission - CPSC (Comisión para la Seguridad de los Productos de Consumo de los Estados Unidos), 4330 East West Highway, Bethesda, MD 20814 (teléfono: 301-504-7923, sitio web: cpsc.gov).

Applications Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation (Manual de aplicación de la ecuación NIOSH para el levantamiento de cargas) del National Institute for Occupational Safety and Health - NIOSH (Instituto Nacional para la Seguridad y Salud en el Trabajo), 1600 Clifton Rd, Atlanta, GA 30333 (teléfono: 1-800-232-4636, sitio web: cdc.gov/NIOSH).

Preparado por el Departamento de capacitación de Miller Electric Mfg. Co.

©2012 Miller Electric Mfg. Co.

Los contenidos de esta publicación no pueden ser reproducidos sin el consentimiento de Miller Electric Mfg. Co., Appleton, Wisconsin, EE. UU.

⚠️ ADVERTENCIA

Este documento contiene información general acerca de los temas tratados de aquí en adelante. Este documento no es un manual de aplicación y no contiene una presentación completa de todos los factores relacionados con los temas tratados.

La instalación, la utilización y el mantenimiento de los equipos para soldadura por arco y el empleo de los procedimientos descritos en este documento deben ser llevados a cabo únicamente por personas calificadas de acuerdo con los códigos y las prácticas de seguridad pertinentes, y las instrucciones del fabricante.

Siempre se deberá verificar que los lugares de trabajo sean limpios y seguros, y que se utilice una ventilación adecuada. El uso indebido de los equipos y la falta de cumplimiento de los códigos y las prácticas de seguridad correspondientes pueden ocasionar lesiones personales graves y daños a la propiedad.

Ciclo de capacitación en procesos de soldadura y metales de aporte:

Bienvenido al ciclo de capacitación en procesos de soldadura y metales de aporte. Este ciclo de capacitación fue desarrollado con la finalidad de proporcionar un conjunto básico de materiales educativos que pueden ser utilizados de manera individual o en clase.

Los temas tratados en el ciclo son:

Metales de aporte

- Tema A. **Introducción a los metales**
- Tema B. **Acero dulce**
- Tema C. **Acero de baja aleación**
- Tema D. **Acero inoxidable**
- Tema E. **Aluminio**
- Tema F. **Endurecimiento superficial**

Procedimientos de soldadura

- Tema 1. **Introducción a la soldadura**
- Tema 2. **Seguridad en la soldadura**
- Tema 3. **Conceptos básicos de electricidad aplicados a la soldadura**
- Tema 4. **Diseño de las máquinas para soldadura**
- Tema 5. **Máquinas para soldadura impulsadas por motor**
- Tema 6. **Soldadura por arco con electrodo metálico revestido**
- Tema 7. **Soldadura por arco con electrodo de tungsteno protegida por gas**
- Tema 8. **Soldadura por arco con electrodo metálico protegida por gas**
- Tema 9. **Soldadura por arco con electrodo con núcleo de fundente**
- Tema 10. **Corte y ranurado con arco de plasma**
- Tema 11. **Solución de problemas en procesos de soldadura**

Por favor observe que este ciclo no fue desarrollado para enseñar las habilidades necesarias para los trabajos de soldadura o corte, sino para proporcionar los conocimientos fundamentales acerca de los diferentes procesos y temas relacionados.

Índice

Introducción	1
Designación de las aleaciones y los temple	1
Aplicaciones de las aleaciones y los temple	2
Aleaciones que admiten tratamiento térmico y aleaciones que no lo admiten	3
Propiedades de los metales base 5083 y 6061 soldados	4
Metales de aporte	5
Directrices para la selección del metal de aporte más apropiado (4043 ó 5356)	5
Directrices para aplicaciones con temperatura elevada	5
Selección del metal de aporte correcto para obtener un color compatible en el anodizado	5
Aleaciones de aluminio que no admiten soldadura por arco	6
Composición nominal de las aleaciones forjadas y propiedades físicas	7
Preparación y tratamientos de la soldadura	8
Limpieza del metal base antes de la soldadura	8
Almacenamiento del metal y preparación de la junta para la soldadura - Qué hacer y qué evitar	8
Respaldo de la soldadura	9
Temperaturas de precalentamiento y entre pasadas	9
Tratamiento térmico y envejecimiento posterior a la soldadura	9
Procedimiento de soldadura	10
Electrodos para soldadura GTAW en aluminio	10
Gases de protección utilizados en soldaduras GMAW y GTAW	10
Geometría de la junta para procesos GMAW y GTAW	11
Configuración de los parámetros de los equipos para proceso GMAW	11
Parámetros habituales del proceso GMAW para soldaduras de ranura en aluminio	12
Parámetros habituales del proceso GMAW para soldaduras de filete en aluminio	13
Parámetros habituales del proceso GTAW para soldaduras de ranura en aluminio	14
Parámetros habituales del proceso GTAW para soldaduras de filete en aluminio	15
Soldadura de aluminio mediante proceso GMAW con transferencia por rociado pulsado (GMAW-P)	17
Solución de problemas	18
Obtención de un arco estable y eliminación de alimentaciones erráticas y postquemados	18
Consejos acerca de la compra de puntas de contacto y sugerencias de mantenimiento:	18
Capacidad de la alimentación de alambre y ajuste de los rodillos de accionamiento	19
Diseño recomendado de los rodillos de accionamiento	19
Porosidad	19
Consejos para reducir la porosidad en la junta de soldadura	21
Cómo evitar grietas en las aleaciones de aluminio	23
Decoloración de la soldadura, salpicaduras y tizne negro	25
Penetración y fusión de la raíz del cordón de soldadura	25
Contorno y penetración del cordón de soldadura	26
Solución de problemas del perfil de la soldadura	27
Prueba de plegado guiado	28
Prueba de tensión transversal	29
Especificaciones, códigos y certificaciones	30
Certificaciones de la composición química: Clasificaciones AWS	30
Fuentes de información	32
Información y asistencia técnica sobre el diseño de la soldadura	32
Seminarios MAXAL® In-Depth	32
Tablas de conversión	33

Capacidad de la alimentación de alambre y ajuste de los rodillos de accionamiento

La mayor causa de los problemas de alimentación del alambre de soldadura de aluminio es, con demasiada frecuencia, la selección incorrecta de los rodillos de accionamiento del alimentador. La selección y ajuste de los rodillos de accionamiento es muy importante para garantizar una alimentación correcta del alambre. La utilización de rodillos de accionamiento para alambre de aluminio de la medida o el tipo incorrectos ocasionará paradas de la producción, costos de mantenimiento innecesarios y la posibilidad de que se produzcan defectos de soldadura que requieran retrabajos costosos. La mayoría de estos problemas están causados por defectos superficiales en el alambre de aluminio que se originan en un ajuste defectuoso o un diseño incorrecto de los rodillos de accionamiento.

Un rodillo de accionamiento incorrecto puede ocasionar la deformación del alambre, lo cual limita la capacidad de la corriente de soldadura para transferirse al alambre en la punta de contacto. El alambre deformado también puede raspar y producir polvo o pequeñas virutas. Esto indica que el rodillo está mal seleccionado o ajustado. Estas virutas o escamas pueden atascar el forro y ocasionar una alimentación defectuosa del alambre. La mala capacidad de alimentación del alambre dará como resultado un amperaje de soldadura inconsistente y creará un arco de soldadura falto de consistencia. Esto constituye una falla de soldadura potencial como también una cuestión de mantenimiento. Ambos problemas importan tiempo y materiales adicionales cuyo gasto podría haber sido evitado mediante el uso de rodillos adecuados y bien regulados.

La mayoría de los alimentadores de alambre permiten dos ajustes principales en los rodillos de accionamiento: el ajuste lateral (de lado a lado) y la regulación de la presión del accionamiento. El ajuste lateral asegura que el alambre se introduzca de forma recta en la guía de entrada de la antorcha. Si esta regulación es incorrecta, se producirán innecesariamente virutas o escamas aún cuando el rodillo haya sido correctamente seleccionado. No obstante, el ajuste más importante, y sobre el que más abusos se cometen, es la presión del rodillo de accionamiento.

Si la presión del rodillo de accionamiento no está bien regulada, puede ocasionar numerosos problemas. Una presión excesiva deforma el alambre, produce virutas, promueve la formación de enredos y genera una presión innecesaria sobre el eje del dispositivo que desgasta de forma prematura el reductor o el motor de accionamiento. Todos estos problemas ocasionarán paradas de la producción, costos de mantenimiento y la posibilidad de que se produzcan defectos de soldadura. Como contrapartida, una presión de accionamiento escasa ocasiona una alimentación inconsistente del alambre que dará como resultado la posibilidad de que se produzcan defectos de soldadura y reparaciones innecesarias.

Un alimentador de alambre con la presión de accionamiento correctamente ajustada suministra un flujo uniforme de alambre y permite que los rodillos de accionamiento roten en el alambre sin causar enredos en caso de una parada en la alimentación. Regular la presión de accionamiento puede llevar tiempo; por ello, asegúrese de realizar el ajuste correctamente.

Diseño recomendado de los rodillos de accionamiento

Los rodillos de accionamiento para alimentar alambres de aluminio requieren de especial atención para asegurar una capacidad de alimentación consistente y para reducir el tiempo de inactividad. Un acabado superficial rugoso produce virutas pequeñas y la acumulación de aluminio en la ranura. Los bordes filosos y la desalineación de los rodillos pueden raspar el alambre. Los rodillos de accionamiento para aluminio deberán estar pulidos y ofrecer un acabado muy suave en el punto donde el alambre entra en contacto con la superficie de la ranura del rodillo. La Figura 14 muestra indicaciones acerca del diseño de los rodillos de accionamiento para alimentación de alambre de aluminio.



Figura 14 – Pula todas las superficies de la ranura, verifique que ambos rodillos estén alineados y siempre utilice la presión más baja en el rodillo de accionamiento, capaz de impulsar el alambre, con la finalidad de evitar la deformación del alambre durante la alimentación.

Porosidad

La **porosidad** es un hueco en una soldadura ocasionado por gases atrapados. Habitualmente, los huecos son redondeados y pueden estar ubicados en la superficie de la soldadura o bajo ella.

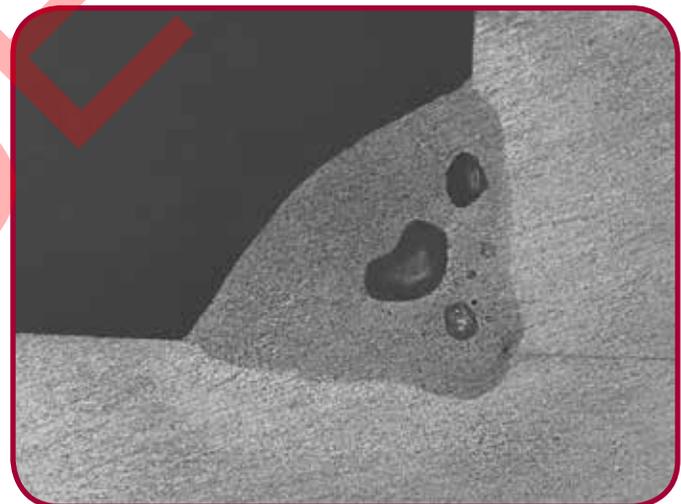


Figura 15 – Ataque químico macroscópico en una soldadura de filete mostrando porosidad de gran tamaño y forma irregular.

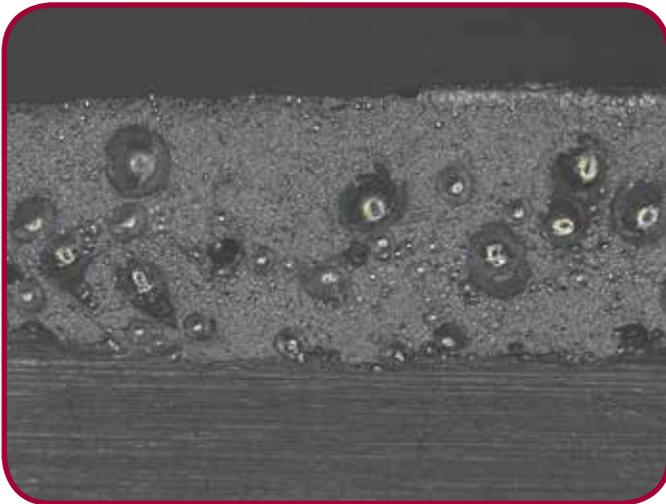


Figura 16 – Porosidad dispersa que se encuentra en la estructura interna de una soldadura de aluminio después de una prueba de rotura por flexión con entalladura.

Producir una soldadura con baja porosidad es responsabilidad tanto del fabricante del electrodo como del soldador. El fabricante del electrodo debe suministrar un electrodo libre de contaminación y que haya sido sometido a pruebas que demuestren fehacientemente que puede alcanzar los valores mínimos de porosidad especificados en la norma AWS A5.10. El soldador debe aplicar las prácticas y procedimientos de los códigos como el AWS D1.2 para asegurar que no se introduzca porosidad en el charco de soldadura. Antes de la soldadura, los ingenieros de proceso deben determinar cuál norma de porosidad del código pertinente deberá cumplir la estructura soldada.

Toda la porosidad de la soldadura es el resultado de la absorción de hidrógeno durante la fusión y la expulsión de hidrógeno durante la solidificación del charco de soldadura. La solubilidad del hidrógeno en el aluminio aumenta drásticamente después de que el material alcanza su estado líquido. Cuando el aluminio es calentado a temperaturas por encima de su punto de fusión se vuelve muy susceptible a la absorción del hidrógeno (vea la gráfica de la solubilidad del hidrógeno en la Figura 17). En ese estado, el hidrógeno puede formar burbujas en el aluminio fundido mientras se solidifica y estas burbujas quedan atrapadas en el metal causando la porosidad.

El hidrógeno contenido en las fuentes que se indican a continuación puede quedar atrapado en el metal de soldadura depositado y crear porosidad:

- Hidrocarburos: en forma de pintura, aceite, grasa, otros lubricantes y contaminantes.
- Óxido de aluminio hidratado: el óxido de aluminio puede absorber humedad e hidratarse para luego liberar el hidrógeno durante el aporte de calor de la soldadura.
- Humedad (H₂O): la humedad atmosférica puede resultar una causa grave de la formación de porosidad en ciertas circunstancias (vea el cálculo del punto de rocío en la tabla de la página 22. También se debe tener en cuenta la humedad proveniente de fuentes externas como aire comprimido, gas de protección contaminado o trabajos de limpieza previa.

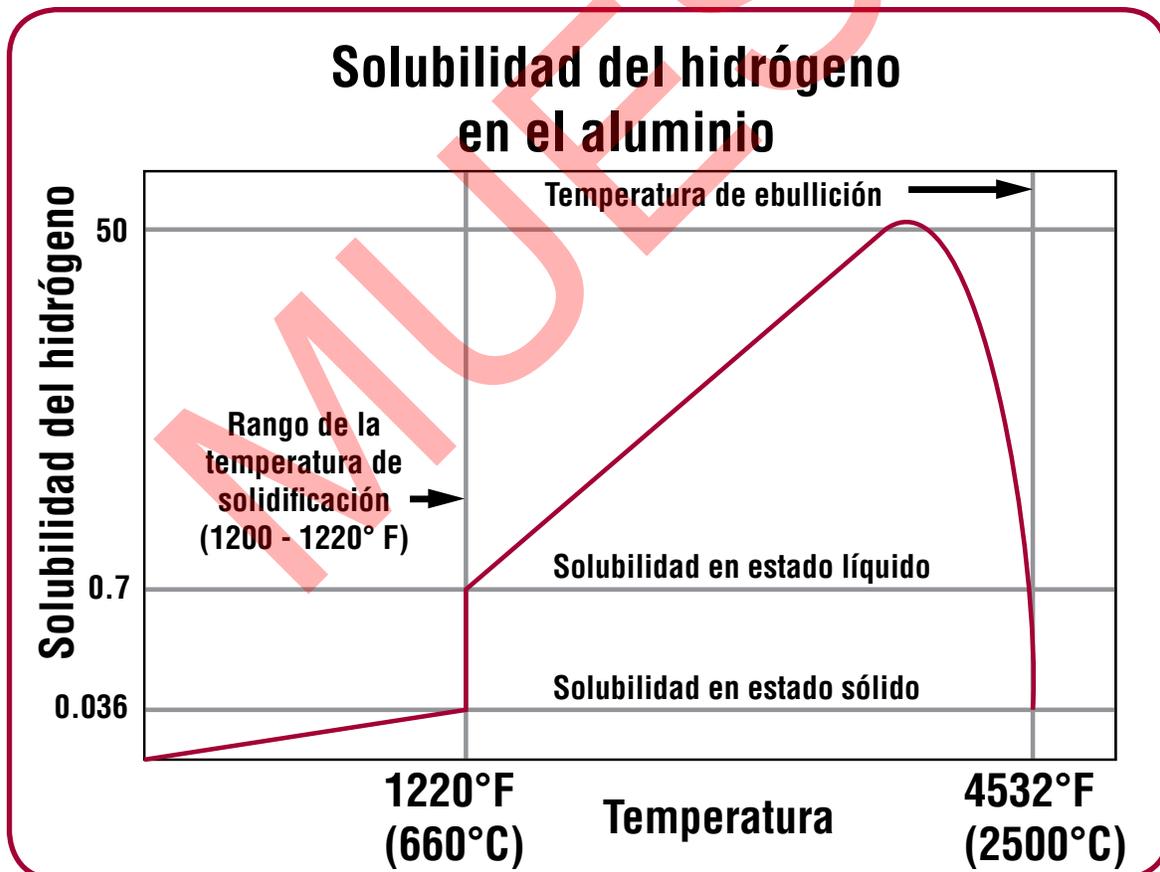


Figura 17 – Solubilidad del hidrógeno en el aluminio.