



PLAN DE ESTUDIOS 2002

ASIGNATURA: **Metalurgia de la Soldadura**

CÓDIGO: **M650**

ESPECIALIDAD/ES para las que se dicta: **Ingeniería en Materiales**

Contenidos Analíticos:

Metalurgia de las Soldaduras.

Módulo1: Metalurgia del metal de soldadura.

Introducción, zonas que componen un cordón de soldadura. Origen de la estructura primaria: Trans-formación líquido - sólido, crecimiento epitaxial, geometría de la pileta líquida, velocidad de solidifica-ción, sobreenfriamiento constitucional, macroestructura y microheterogeneidades de las soldaduras.

Estructura secundarias en aceros estructurales, mecanismos de transformación, transformaciones de fase en estado sólido, factores que afectan la descomposición de la austenita, elementos estructura-les producto de las transformaciones en estado sólido en aceros.

Estructuras terciarias del metal de soldadura, caracterización y clasificación de los microconstituyen-tes, relación entre estructura y propiedades mecánicas, efecto de las variables operativas sobre las propiedades mecánicas.

Módulo 2: Metalurgia y tecnología de la soldadura de los aceros inoxidables.

Clasificación, caracterización y campo de aplicación de los aceros inoxidables: Martensíticos. Ferríti-cos. Austeníticos. Duplex austeníticos-ferríticos. Endurecibles por precipitación (PH).Soldadura de los A. I. Martensíticos:

Consideraciones generales. Cambios microestructurales durante la soldadura. Fisuración debida a la formación de martensita, efectos mecánicos, rol del hidrógeno, mecanismo de fisuración.

Ciclo térmico: pre y post soldadura. Práctica de soldadura de los A.I. con 12% Cr. Soldabilidad de los A. I. martensíticos de bajo C al Cr-Ni. Materiales de aporte.

Soldadura de A.I. Ferríticos: Consideraciones generales. Microestructura del metal de soldadura. Propiedades mecánicas de las uniones. Práctica de soldadura. Procesos de soldadura. Materiales de aporte. Ciclo térmico: pre y post soldadura.

Soldadura de los aceros inoxidables austeníticos (A.I.A.). Características generales: Corrosión inter-granular. Fase s, distorsiones, contaminación de la soldadura. Diagramas: Schaeffler, De Long, Siew-ert/Olson. Procedimiento de soldadura, ciclos térmicos: pre y post soldadura. Procesos más conven-cionales, consumibles.

Metalurgia de la soldadura de los A. I. austeníticos estabilizados y no estabilizados, recomendaciones para la soldadura de los A.I.A. estabilizados y no estabilizados. Propiedades mecánicas. Fenómenos de precipitación en A.I.A. estabilizados y no estabilizados.

Metalurgia de la soldadura de los A.I. superausteníticos, recomendaciones prácticas,



propiedades mecánicas, fenómenos de precipitación. Soldadura de los A.I.A. fundidos. Soldadura de los A.I. Dúplex. Características generales. Práctica de soldadura de los A.I. dúplex. Propiedades mecánicas de las uniones. Fenómenos de precipitación en el metal base y metal de soldadura. Ciclo térmico: pre y post soldadura. Procesos más convencionales, consumibles.

Soldadura de los A.I. endurecibles por precipitación (PH). Consideraciones generales. Clasificación: A.I. martensíticos de transformación directa, A.I. martensíticos de transformación con-trolada, A. I. austeníticos endurecibles por precipitación. Metalurgia de la soldadura y soldabilidad. Ciclo térmico: pre y post soldadura. Procesos de Soldadura, consumibles.

Módulos 3: Soldadura de Recargue y soldadura de reparación.

Definición. Tipos de desgaste: deslizamiento o rozamiento metal - metal. Rodadura. Abrasión o rozamiento metal - mineral. Erosión. Impacto. Corrosión. Fatiga térmica. Propiedades y selección de los distintos tipos de aleaciones para recargue y reparación. Preparación de la superficie para recargue o reparación. Costos de la soldadura de recargue y reparación.

Módulo 4: Especificación de Procedimiento de Soldadura, calificación de procedimiento de soldadura. Calificación de soldadores y operadores de soldadura.

Código ASME Sección IX

Campo de aplicación. Generalidades. Posiciones de Soldadura. Tipos y propósitos de pruebas y exámenes (Tracción, Plegado, Tenacidad a la fractura, pruebas de soldaduras de filetes). Calificación de filetes de soldadura. Generalidades. Preparación de probetas de prueba. Variables de soldadura.

Calificación de habilidad en soldadura (calificación de soldadores). Generalidades. Juntas para pruebas de calificación. Variables de soldadura para operadores de soldadura. Datos de soldadura: Variables. Números P, F, A. Probetas. Formularios. Definiciones. Pre y post calentamiento.

Código ANSI/AWS D1.1

Consideraciones generales: Aplicación. Designación de conexiones soldadas. Metal de aporte. Juntas de penetración. Parcial. Calificación de juntas. Detalles de soldaduras de filete. Juntas precalificadas (penetración total, penetración parcial)

Calificación de soldadores: Preparación de metal base. Inspección visual. Control de la distorsión. Tolerancias dimensionales. Preparación, limpieza y terminación de la soldadura.

Técnica:Requerimientos del metal de aporte. Requerimientos de precalentamiento y temperatura interpasadas. Calor aportado en aceros templados y revenidos. Tratamiento térmico de revelado de tensiones: Técnica de soldadura mediante los procesos SMAW, SAW, GMAW, FCAW, ESW. Calificación de procedimiento de soldadura Limitación de variables. Tipos de ensayos y propósito. Metal base. Calificación de soldadores, operadores de soldadura y punteadores. Limitación de las variables. Ensayos requeridos. Espesor de los especímenes de ensayo. Posiciones de soldadura.

ANSI/API standard 1104 (Welding of Pipelines and Related facilities)

Especificación y calificación de procedimiento de soldadura. Registro. Especificación. Variables esenciales. Ensayo de soldadura a tope y filete. Ensayos a realizar sobre el cupón de soldadura.



Calificación de soldadores. Calificación simple y múltiple. Examen visual y ensayos destructivos.

Diseño y preparación de juntas para la realización de soldadura en producción. Inspección y ensayo de las uniones de producción. Ensayos no destructivos, standard de aceptación. Remoción y reparación de defectos. Soldadura automática con y sin aporte de material. Standards alternativos de aceptación.

Módulo 5: Soldadura por resistencia

Clasificación, descripción, aplicación y equipamiento de los distintos procesos de soldadura por resistencia

Control de tiempo y secuencia de soldadura. Parámetros de soldadura. Ciclo térmico: efecto de la corriente y del tiempo sobre el calentamiento. Efecto de la superficie de la pieza, espaciado de la soldadura y de la terminación superficial sobre el calentamiento.

Secuencia de soldadura. Discontinuidades de las uniones.

Bibliografía:

- Welding Handbook, Welding Science & Technology, vol. 1, 9th Edition, American Welding Society, 2001.
- Ciencia y Técnica de la Soldadura, volúmenes 1 y 2, Parma, J. A., Timmerman, R. Ediciones CONARCO, 1983.
- Jefferson's Welding Encyclopedia, 18th Edition, American Welding Society, 1997.
- Introducción a la Metalurgia de la Soldadura; American Welding Society, Editorial Géminis, 1971.
- Welding Metallurgy, Sindo Kuo, 1987, A Wiley – Interscience Publication.
- Welding Metallurgy, Linert, G., 1994-1967, col. 1 y 2, AWS.
- The Professional's Advisor on Welding Stainless Steels, AWS, 1999.
- The Practical Reference Guide for Corrosion of Welds, AWS, 1999.
- The Practical Reference Guide to Welding Metallurgy, AWS, 1999.
- Recommended Practices for GMAW, ANSI/AWS C5.6-89R, AWS, 1994.
- Guide of Weld Discoloration on Inside of Austenitic Stainless Steel Tube, AWS D18.2:1999.
- Metals Handbook: Welding, Brazing and Soldering, Volume 6, 9th Edition, ASM International, 1983.
- Welding Handbook, Volume 1,2,3,4, 8th Edition, American Welding Society, 1991-1998.

NORMAS:

- Normas AWS (Filler Metal Related Documents)
- Código ASME Secciones II y IX.
- Código AWS D1.1
- Código ANSI/API 1104.

REVISTAS:

- Boletín Técnico CONARCO, Ediciones CONARCO.
- Welding Journal, American Welding Society,
- Svetsaren, A Welding Review Published by ESAB.