

Contenido

INTRODUCCION 11

SECCION I

**MEDIDAS DE SEGURIDAD EN EL PROCESO DE SOLDADURA
CON ARCO ELECTRICO G.M.A.W. (SOLDADURA DE ARCO METALICO
CON PROTECCION DE GAS)** 13

Seguridad en soldadura GMAW, 14

Precauciones eléctricas, 14

Precaución con gases comprimidos, 15

Cuidado en la operación de limpieza de las uniones de soldadura, 15

Precaución contra incendio y explosion, 16

Ventilación, 16

Equipo de protección en soldadura, 17

SECCION 2

EQUIPO 19

Soldadura de arco metálico con protección de gas, 19

Tipos de corriente, 20

Equipo, 20

Fuentes de poder, 21

Equipo semiautomático, 21

Equipo automático, 27

Equipos, soldadura de arco metálico con protección de gas por medio de
robot (robot arc welding), 32

Breve historial del desarrollo de las técnicas y de las máquinas. 32

6 Contenido

- Piezas de trabajo típicas, 39
- Equipo, 40
- Equipo de control, 42
- Datos técnicos del computador central, 43
- La programación, 43
- El equipo de soldadura, 44
- Alternativas de capacidad de soldadura, 46
- El posicionador, 48
- Fijadoras, 53
- Selección de la pieza de trabajo, 53
- Cómo se puede establecer la utilización o no de un robot de soldadura, 54
- Estimación de costo, 55
- Ejemplos de aplicaciones, 56
- Robots de soldadura fuera de estándar, 63
- Otras aplicaciones del robot, 66
- El robot en la soldadura moderna, 69
- Unidad de control, 72
- Unidad de alimentación del alambre, 75
- Sistema de arrastre del alambre electrodo, 80
- Manerales para el sistema semiautomático, 81
- Tipos de manerales en el proceso GMAW (automático), 85
- Sistema de soldadura GMAW con oscilador, 86

SECCION 3

TIPOS DE TRANSFERENCIAS EN EL PROCESO GMAW, 91

- Transferencia de los metales en el proceso GMAW, 91
- Transferencia por cortocircuito, 91
- Transferencia globular (globular transfer), 92
- Traspaso globular dirigido, 92
- Transferencia pulverizada (spray transfer), 93
- Soldadura de arco pulverizado pulsado (pulsed spray), 93
- Corriente de soldadura (amperaje), 94
- Inductancia, 95
- Voltaje, 96
- Voltaje del arco y factores que influyen en la formación de un cordón de soldadura, 97

SECCION 4

GASES DE PROTECCION 99

- Gases de protección, 99
- Características importantes del helio y del argón, 101
- Selección del gas de protección, 101

SECCION 5

MATERIALES 107

- Materiales de aporte, 107
- Alambre electrodo (acero al carbón), 107
- Clasificación del alambre electrodo, 108
- Aceros inoxidables, 111
- Aluminio y sus aleaciones, 113
- Designación del estado de tratamiento del material, 116
- El magnesio y sus aleaciones, 121
- Designación de las aleaciones del magnesio, 121
- Soldabilidad de las aleaciones del magnesio, 124
- El níquel y sus aleaciones, 126
- Aleaciones de níquel, 128
- Clasificación del níquel y aleaciones de níquel, 130
- Material de aporte, 132
- Elementos aleantes y algunas de sus funciones, 133
- Elementos químicos, símbolos, número atómico y temperatura de fusión, 135

SECCION 6

CONDICIONES ESENCIALES PARA SOLDAR CORRECTAMENTE CON EL PROCESO GMAW 139

- Condiciones esenciales para soldar correctamente con el proceso GMAW, 139
- Selección del gas de protección adecuado, 139
- Corriente apropiada, 140
- Diámetro y tipo de alambre correcto en soldadura, 140
- Extensión del alambre electrodo (velocidad del alambre), 141
- Voltaje al arco correcto, 142
- Angulo correcto de la boquilla durante la soldadura, 143
- Resultado, 146
- Velocidad de avance de la soldadura correcto, 146

SECCION 7

CUIDADO Y NORMAS DE OPERACION CON LOS EQUIPOS DE SOLDADURA GMAW 149

- Fuentes de poder de corriente continua (generadores de C.C.), 149
- Fuentes de poder de corriente directa, 150
- Manerales y su cuidado, 150

SECCION 8

APLICACION DE SOLDADURA CON EL SISTEMA SEMIAUTOMATICO GMAW 155

- Aplicación de soldadura con el sistema semiautomático GMAW, 155
- Aplicación de la soldadura, 156
- Instrucciones para la ejecución de la soldadura, 158
- Soldadura de uniones a tope sin bisel con ranura en escuadra, 161
- Soldadura de uniones a tope sin bisel con ranura en escuadra (con respaldo) backing strip, 163
- Soldadura de uniones en esquina, 165
- Aplicación de la soldadura en ángulo, 167
- Soldadura en ángulo— unión en "T", 169
- Soldadura de uniones de solape, 171
- Soldadura de uniones a tope con bisel en "V", 173
- Soldadura de uniones con bisel en "V" (cordones en serie), 176
- Aplicación de la soldadura en ángulo, 177
- Aplicación de la soldadura en ángulo, 180
- Soldadura de juntas de tope con bisel en "V", 182
- Soldadura de juntas a tope con bisel en "V", 186
- Aplicación de la soldadura en ángulo (posición sobre cabeza), 188
- Aplicación de la soldadura en juntas con bisel en "V" (posición sobre cabeza), 190
- Aplicación de la soldadura en juntas con bisel en "V" (posición horizontal), 194

SECCION 9

APLICACION DE LA SOLDADURA GMAW EN TUBERIAS 199

- Aplicación de la soldadura GMAW en tuberías (posición 1 G), 199
- Aplicación de la soldadura GMAW en tuberías (posición 2 G), 203
- Aplicación de la soldadura GMAW en tuberías (posición 5 G), 205
- Aplicación de la soldadura GMAW en tuberías (posición 5 G), 209

SECCION 10

REFUERZOS DE SOLDADURA 213

- Refuerzo excesivo de un cordón de soldadura, 213

SECCION 11

DEFECTOS -POSIBLES CAUSAS Y COMO CORREGIRLOS 225

- Defectos -posibles causas y cómo corregirlos, 225
- Porosidad o rajaduras en el cráter (defectos en cráter), 226
- Excesiva penetración-perforaciones, 227
- Porosidad en superficie e interior del cordón, 228
- Falta de penetración, 229
- Solapas frías -falta de fusión, 229

SECCION 12

GUIA PARA EL PRECALENTAMIENTO DE MATERIALES FERROSOS Y NO FERROSOS EN SOLDADURA GMAW 231

- Guía para el precalentamiento de materiales ferrosos y no ferrosos, 231
- Zonas afectadas por la temperatura, 232
- Elementos que influyen en el aumento de la dureza, 234
- Factores que influyen en la reducción de la dureza, 234

SECCION 13

PARAMETROS OPERACIONALES PARA LA APLICACIÓN DE SOLDADURA EN ALGUNOS METALES (TABLAS) 237

- Parámetros operacionales para la aplicación de la soldadura en algunos metales, 237
- Transferencia de cortocircuito, 238
- Transferencia pulverizada, 240
- Transferencia globular, 241
- Aluminio y sus aleaciones, 243

CONTENIDO

| | | |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| | Introducción | 5 |
| | Prólogo | 9 |
| SECCION 1 | Medidas de seguridad en el proceso de soldadura con arco sumergido | 11 |
| SECCION 2 | Proceso de soldadura con arco sumergido (submerged arc welding process) | 13 |
| | Corte de una operación de soldadura automática (SAW) con indicación de sus componentes | 15 |
| | Sistema semiautomático (arco sumergido) | 16 |
| SECCION 3 | Equipo para el proceso SAW | 17 |
| | Conocer unas fuentes de poder | 18 |
| SECCION 4 | Parámetros operacionales | 21 |
| | Amperaje (intensidad de soldadura) | 22 |
| | Voltaje (tensión de soldadura) | 22 |
| | Con alto voltaje (demasiada longitud del arco) | 23 |
| | Velocidad de avance de soldadura | 23 |
| | Alambre electrodo | 26 |
| SECCION 5 | Alambre electrodo | 27 |
| | Aceros al carbón | 28 |
| | Aceros de baja aleación (alambres y fundentes) | 28 |
| | Fundentes | 28 |
| | Fundentes fundidos | 29 |
| | Fundentes bonderizados | 29 |
| | Fundentes aglomerados | 30 |
| | Fundentes combinados mecánicamente | 30 |
| | El fundente en la formación del cordón | 30 |
| | Recomendaciones y consejos | 31 |
| | Consulta de operación | 33 |
| | Clasificación de los fundentes y alambres E | 33 |
| | Soldadura automática SAW con múltiple alambre | 34 |
| SECCION 6 | Tipos de juntas en SAW | 37 |
| | Tipos de juntas (a tope) | 40 |
| | Juntas con soporte (cobre atrás-encajonado atrás) | 43 |
| SECCION 7 | Cabezas soldantes | 47 |
| SECCION 8 | Ejemplo de una línea de paneles en construcción naval | 65 |

| | | |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| SECCION 9 | Inclinación de la pieza | 69 |
| | Posición ascendente | 69 |
| | Posición descendente | 70 |
| | Inclinación lateral de la junta | 71 |
| | Posición del alambre electrodo en soldaduras circunferenciales | 72 |
| SECCION 10 | Arco sumergido. Aplicación de soldadura con el sistema automático | 75 |
| | Pre calentamiento | 78 |
| | Espesor de la capa de fundente de recubrimiento | 78 |
| SECCION 11 | Definición de los términos en soldadura con arco sumergido | 83 |
| | Método de arranque en soldadura con arco sumergido automático | 86 |
| SECCION 12 | Normas generales para soldadura con arco sumergido | 91 |
| | Guía para la aplicación de la soldadura con sistema automático | 92 |
| SECCION 13 | Calidad | 101 |
| | Soldadura y calidad | 101 |
| | Material base para las pruebas | 102 |
| | Pruebas mecánicas (ensayos destructivos) | 102 |
| | Pruebas no destructivas | 103 |
| SECCION 14 | Ejemplos de uniones y probetas en soldadura S.A.W.P | 105 |
| | Localización de probetas para ensayos destructivos (ejemplos) de la figura 14.2 a la 14.7 (cotas en mm) | 106 |
| | Localización de probetas para ensayos destructivos (ejemplos) de la figura 14.8 a la 14.11 (cotas en mm) | 108 |
| | Localización de probetas para ensayos destructivos (ejemplos) de la figura 14.12 a la 14.19 (cotas en mm) | 110 |
| SECCION 15 | Símbolos de soldadura | 115 |
| | Ejemplo de aplicación de los símbolos de soldadura en uniones de ángulo | 118 |
| | Aplicación de los símbolos en algunos tipos de juntas a tope | 119 |
| | Algunos tipos de símbolos suplementarios | 120 |

Contenido

| | | |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Sección 1 | CARTA MAESTRA DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA..... | 15 |
| Sección 2 | MEDIDAS DE SEGURIDAD | 19 |
| | Medidas de seguridad en el proceso de soldadura con arco eléctrico | 21 |
| | Seguridad. Medios para la protección personal del soldador | 23 |
| Sección 3 | MAQUINAS DE SOLDAR | 27 |
| | Máquinas de soldar | 29 |
| | Convertidor de corriente continua..... | 29 |
| | Transformadores de corriente de soldadura (C.A.) | 35 |
| | Rectificadores de corriente de soldadura..... | 39 |
| | Puesta en servicio de una máquina de soldar | 43 |
| | Tipos de conexiones de tensión a la máquina | 45 |
| Sección 4 | POLARIDADES | 49 |
| | Polaridades | 51 |
| | Polaridad directa o negativa (-)..... | 51 |
| | Polaridad invertida o positiva (+) | 53 |
| | Polaridad intermedia | 54 |
| | Polaridades y temperaturas | 55 |
| Sección 5 | TIPOS DE JUNTAS EN SOLDADURA | 57 |
| | Tipos de juntas en soldadura | 59 |
| | Tipos de juntas en soldadura (placas) | 60 |

| | | |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| | <i>Tipos de juntas en soldadura (tuberías)</i> | 61 |
| | <i>Tipos de juntas en soldadura (ángulo)</i> | 62 |
| | <i>Volumen teórico de juntas</i> | 63 |
| Sección 6 | ELECTRODOS | 71 |
| | Electrodos de clasificación AWS | 73 |
| | Clasificación de los electrodos de acero al carbón | 75 |
| | Cuadros de referencias | 76 |
| | Normas de los institutos de clasificación | 78 |
| | Requisitos de calidad para los electrodos | 80 |
| | Funciones principales del revestimiento del electrodo en soldadura | 83 |
| | Descripción y propósito de uso de algunos electrodos de acero carbono | 87 |
| | Efectos del carbonato de calcio durante la descomposición del electrodo | 92 |
| | Efecto de la fluorita durante la descomposición del electrodo | 92 |
| | Algunos electrodos de baja aleación | 94 |
| | Inspección con Rayos X | 96 |
| | Inspección con Rayos Gamma | 97 |
| | Estándar radiográfico para soldadura a tope en uniones de acero al carbón | 97 |
| | Requerimientos radiográficos | 99 |
| | Porosidades y/o inclusiones (grado 2) | 101 |
| | Definición de electrodos de bajo hidrógeno | 103 |
| | Causas por las que los electrodos de bajo hidrógeno producen porosidades | 103 |
| | Almacenaje y cuidado de los electrodos | 104 |
| | Consejos importantes para el almacenaje de los electrodos | 107 |
| | Secado de los electrodos afectados por la humedad | 109 |
| | Envejecimiento del revestimiento | 110 |
| | Electrodos básicos-rutílicos de alto rendimiento | 110 |
| | Código de colores | 112 |
| Sección 7 | CONDICIONES ESENCIALES EN SOLDADURA | 117 |
| | Cables de soldar, conexiones, calibres correctos | 119 |
| | Consejos importantes | 121 |
| | Cables de soldadura | 122 |
| | Condiciones esenciales para soldar correctamente | 125 |
| | Corriente apropiada | 126 |
| | Velocidad de avance correcta | 127 |

| | | |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Sección 8 | SOPLO DE ARCO | 129 |
| | Soplo de arco | 131 |
| | Indicaciones para controlar el soplado del arco | 132 |
| Sección 9 | DEFINICION DE LOS TERMINOS EN SOLDADURA ... | 135 |
| | Definición de los términos en soldadura | 137 |
| Sección 10 | APLICACION DE LA SOLDADURA EN PLACAS DE ACERO AL CARBON | 147 |
| | Herramienta de mano en dotación del soldador..... | 149 |
| | Aplicación de la soldadura en placas | 152 |
| | Uniones..... | 152 |
| | Intensidad y tipo de corriente | 153 |
| | Cebado del arco..... | 153 |
| | Terminación de los electrodos..... | 155 |
| | Instrucciones para la ejecución de soldaduras | 155 |
| | Cordones corridos sin interrupción | 157 |
| | Soldadura en ángulo horizontal..... | 159 |
| | Soldadura unión a solape..... | 164 |
| | Soldadura de juntas tope con bisel "V". Posición plana ... | 166 |
| | Soldadura en ángulo vertical | 168 |
| | Soldadura en ángulo vertical exterior | 171 |
| | Soldadura juntas con bisel en "V" vertical | 174 |
| | Soldadura en ángulo interior sobre cabeza..... | 178 |
| | Soldadura de juntas a tope con bisel en V. Posición sobre la cabeza | 180 |
| | Soldadura de juntas a tope con bisel en V. Posición horizontal | 183 |
| Sección 11 | APLICACION DE SOLDURA EN TUBERIA | 187 |
| | Soldadura de tuberías (acero al carbón) | 189 |
| | Líneas de transmisión de tuberías | 196 |
| | Calidad del acero de las tuberías | 198 |
| | Preparación de las uniones de tuberías para soldadura con sistema manual | 198 |
| | Electrodos..... | 200 |
| Sección 12 | TIPOS DE PRUEBAS EN SOLDADURA | 203 |
| | Posiciones de prueba para aplicación de soldadura en placa | 205 |
| | Posiciones de prueba para aplicación de soldadura en tubería | 205 |
| Sección 13 | LOS MATERIALES EN LOS PROCESOS MECANICOS .. | 207 |
| | Los materiales en los procesos mecánicos | 209 |

12 Contenido

| | | |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Sección 14 | NOCIONES DE METALURGIA | 221 |
| | Producción del hierro fundido | 223 |
| | Minerales de hierro | 223 |
| | Fabricación del hierro colado | 225 |
| | Zonas de alto horno | 225 |
| | Descripción de los componentes de un alto horno | 227 |
| | Producción del acero | 228 |
| | Convertidores Bessemer y Thomas | 229 |
| | Convertidor Linz y Donawitz | 230 |
| | Procedimiento por horno Martin Siemens | 231 |
| | Proceso por horno eléctrico de arco | 231 |
| | Elementos aleantes y algunas de sus funciones | 233 |
| Sección 15 | CLASIFICACION DE LOS ACEROS | 237 |
| | Especificaciones de los aceros por su uso | 239 |
| | Identificación de los aceros por medio de un sistema numérico de clasificación según el AISI | 239 |
| | Aceros al carbón | 241 |
| | Aceros inoxidables | 242 |
| | Los aceros inoxidables austeníticos en soldadura | 245 |
| | Los aceros inoxidables martensíticos en soldadura | 246 |
| | Los aceros inoxidables ferríticos en soldadura | 247 |
| | Aceros inoxidables y resistentes al calor | 247 |
| | Clasificación de los electrodos de acero inoxidable | 249 |
| Sección 16 | SOLDADURA EN EL HIERRO COLADO | 255 |
| | La soldadura en el hierro colado | 257 |
| | Detalles del hierro colado | 258 |
| | Los electrodos en la soldadura del hierro colado | 261 |
| | Recomendaciones para la soldadura en hierro colado deficiente | 263 |
| | Definición de los términos "soldadura en frío" y "soldadura en caliente" | 265 |
| | Guía para el precalentamiento de materiales ferrosos y no ferrosos | 265 |
| | Zonas afectadas por la temperatura | 266 |
| | Elementos que influyen en el aumento de la dureza | 268 |
| | Factores que influyen en la reducción de la dureza | 268 |
| Sección 17 | TENSIONES TERMICAS Y SECUENCIAS DE SOLDADURA | 271 |
| | Tensiones térmicas | 273 |
| | Contracción de un cordón de soldadura | 274 |
| | Secuencia de la soldadura | 276 |

| | | |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------|------------|
| Sección 18 | ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS | 287 |
| | Ensayos no destructivos | 289 |
| Sección 19 | ENSAYOS DESTRUCTIVOS | 295 |
| | Ensayos destructivos | 297 |
| | Prueba de tracción | 297 |
| | Prueba de ángulo de dobléz guiado | 298 |
| | Prueba en escuadra | 300 |
| Sección 20 | NOCIONES DE NOMENCLATURA NAVAL | 305 |
| | Nociones de nomenclatura naval | 307 |
| Sección 21 | SOLDADURA DE GRAVEDAD | 323 |
| | Notas sobre el proceso de soldadura en arco eléctrico | 325 |
| | Soldadura de gravedad | 333 |
| | Fematic Long Neck (cuello largo) | 334 |
| | Equipo Mini Fematic | 335 |
| | El humo producido por los electrodos durante la soldadura | 338 |
| | Fuentes de poder | 340 |
| | Indicaciones para el arranque de una soldadura de gravedad | 340 |
| | Anexo | 349 |
| | Índice de figuras | 353 |