

# 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
<b>SECCION 1</b>	Medidas de seguridad en el proceso de soldadura con arco sumergido	11
<b>SECCION 2</b>	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
<b>SECCION 3</b>	Equipo para el proceso SAW	17
	Conocer unas fuentes de poder	18
<b>SECCION 4</b>	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
<b>SECCION 5</b>	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
<b>SECCION 6</b>	Tipos de juntas en SAW	37
	Tipos de juntas (a tope)	40
	Juntas con soporte (cobre atrás-encajonado atrás)	43
<b>SECCION 7</b>	Cabezas soldantes	47
<b>SECCION 8</b>	Ejemplo de una línea de paneles en construcción naval	65

<b>SECCION 9</b>	<b>Inclinación de la pieza</b>	<b>69</b>
	Posición ascendente	69
	Posición descendente	70
	Inclinación lateral de la junta	71
	Posición del alambre electrodo en soldaduras circunferenciales	72
<b>SECCION 10</b>	<b>Arco sumergido. Aplicación de soldadura con el sistema automático</b>	<b>75</b>
	Pre calentamiento	78
	Espesor de la capa de fundente de recubrimiento	78
<b>SECCION 11</b>	<b>Definición de los términos en soldadura con arco sumergido</b>	<b>83</b>
	Método de arranque en soldadura con arco sumergido automático	86
<b>SECCION 12</b>	<b>Normas generales para soldadura con arco sumergido</b>	<b>91</b>
	Guía para la aplicación de la soldadura con sistema automático	92
<b>SECCION 13</b>	<b>Calidad</b>	<b>101</b>
	Soldadura y calidad	101
	Material base para las pruebas	102
	Pruebas mecánicas (ensayos destructivos)	102
	Pruebas no destructivas	103
<b>SECCION 14</b>	<b>Ejemplos de uniones y probetas en soldadura S.A.W.P</b>	<b>105</b>
	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
<b>SECCION 15</b>	<b>Símbolos de soldadura</b>	<b>115</b>
	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

<b>Sección 1</b>	<b>CARTA MAESTRA DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA.....</b>	<b>15</b>
<b>Sección 2</b>	<b>MEDIDAS DE SEGURIDAD .....</b>	<b>19</b>
	Medidas de seguridad en el proceso de soldadura con arco eléctrico .....	21
	Seguridad. Medios para la protección personal del soldador .....	23
<b>Sección 3</b>	<b>MAQUINAS DE SOLDAR .....</b>	<b>27</b>
	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
<b>Sección 4</b>	<b>POLARIDADES .....</b>	<b>49</b>
	Polaridades .....	51
	Polaridad directa o negativa (-).....	51
	Polaridad invertida o positiva (+) .....	53
	Polaridad intermedia .....	54
	Polaridades y temperaturas .....	55
<b>Sección 5</b>	<b>TIPOS DE JUNTAS EN SOLDADURA .....</b>	<b>57</b>
	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
<b>Sección 6</b>	<b>ELECTRODOS</b> . . . . .	<b>71</b>
	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
<b>Sección 7</b>	<b>CONDICIONES ESENCIALES EN SOLDADURA</b> . . . . .	<b>117</b>
	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

<b>Sección 8</b>	<b>SOPLO DE ARCO</b> .....	<b>129</b>
	Soplo de arco .....	131
	Indicaciones para controlar el soplado del arco .....	132
<b>Sección 9</b>	<b>DEFINICION DE LOS TERMINOS EN SOLDADURA</b> ...	<b>135</b>
	Definición de los términos en soldadura .....	137
<b>Sección 10</b>	<b>APLICACION DE LA SOLDADURA EN PLACAS DE ACERO AL CARBON</b> .....	<b>147</b>
	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
<b>Sección 11</b>	<b>APLICACION DE SOLDURA EN TUBERIA</b> .....	<b>187</b>
	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
<b>Sección 12</b>	<b>TIPOS DE PRUEBAS EN SOLDADURA</b> .....	<b>203</b>
	Posiciones de prueba para aplicación de soldadura en placa .....	205
	Posiciones de prueba para aplicación de soldadura en tubería .....	205
<b>Sección 13</b>	<b>LOS MATERIALES EN LOS PROCESOS MECANICOS</b> ..	<b>207</b>
	Los materiales en los procesos mecánicos .....	209

## 12 Contenido

<b>Sección 14</b>	<b>NOCIONES DE METALURGIA</b> .....	<b>221</b>
	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
<b>Sección 15</b>	<b>CLASIFICACION DE LOS ACEROS</b> .....	<b>237</b>
	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
<b>Sección 16</b>	<b>SOLDADURA EN EL HIERRO COLADO</b> .....	<b>255</b>
	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
<b>Sección 17</b>	<b>TENSIONES TERMICAS Y SECUENCIAS DE SOLDADURA</b> .....	<b>271</b>
	Tensiones térmicas .....	273
	Contracción de un cordón de soldadura .....	274
	Secuencia de la soldadura .....	276

<b>Sección 18</b>	<b>ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS</b> .....	<b>287</b>
	Ensayos no destructivos .....	289
<b>Sección 19</b>	<b>ENSAYOS DESTRUCTIVOS</b> .....	<b>295</b>
	Ensayos destructivos .....	297
	Prueba de tracción .....	297
	Prueba de ángulo de dobléz guiado .....	298
	Prueba en escuadra .....	300
<b>Sección 20</b>	<b>NOCIONES DE NOMENCLATURA NAVAL</b> .....	<b>305</b>
	Nociones de nomenclatura naval .....	307
<b>Sección 21</b>	<b>SOLDADURA DE GRAVEDAD</b> .....	<b>323</b>
	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