



## Diseño y Procesamiento Mecánico de 4° año

### Trabajo Práctico N° 10

### Responder Cuestionario

#### - Actividades finales

##### De comprobación

- 12.1. El electrodo de tungsteno se puede alear con:
- Aluminio.
  - Cobre.
  - Plomo.
  - Lantano.
- 12.2. La punta del electrodo de tungsteno (para aceros) debe tener:
- 30°.
  - 50°.
  - 60°.
  - 45°.
- 12.3. Los hilos tubulares se utilizan con:
- Gas de protección.
  - Sin gas de protección.
  - Oxígeno.
  - Con y sin gas de protección.
- 12.4. La densidad del argón es menor que la del:
- Dióxido de carbono.
  - Aire.
  - Helio.
  - Ninguna de las tres.
- 12.5. Las varillas de aporte se suministran normalmente con una longitud de:
- 50 cm.
  - 100 cm.
  - 200 cm.
  - 1 m.
- 12.6. Los rollos de hilo pueden traer un recubrimiento de:
- Estaño.
  - Cobre.
  - Cinc.
  - Aluminio.
- 12.7. Las normas españolas se identifican con las letras
- EN.
  - UNE.
  - AWS.
  - DIN.
- 12.8. ¿Qué gas se utiliza en soldadura TIG?
- Argón.
  - CO<sub>2</sub>.
  - Helio.
  - Argón, helio, argón+ helio.
- 12.9. El hilo tubular lleva en su interior:
- Flux.
  - Aluminio.
  - Acero.
  - Refrigerante.
- 12.10. Las bobinas de hilo normalmente se suministran de:
- 100 kg.
  - 150 kg.
  - 15 kg.
  - 50 kg.



### De aplicación

- |  |   |
|--|---|
| 12.1. ¿Qué se entiende por consumibles?                                | 12.9. ¿Qué gas de protección es menos denso?  |
| 12.2. ¿Cómo se denomina un electrodo de wolframio?                     | 12.10. Enumera los gases activos que conozcas   |
| 12.3. ¿Qué diferencia hay entre electrodo de tungsteno y de wolframio? | 12.11. ¿Qué gases se utilizan en soldadura TIG?   |
| 12.4. Cita algunos aleantes en el electrodo de tungsteno.              | 12.12. ¿Qué diferencia hay entre las varillas de aporte de soldadura TIG y las de soldadura oxiacetilénica? |
| 12.5. ¿Para qué se utilizan los fluxes?                                | 12.13. ¿Se pueden mezclar los gases?  |
| 12.6. ¿Cómo se clasifican los gases de protección?                     | 12.14. ¿Qué son los insertos?   |
| 12.7. ¿Cómo es la punta del electrodo de tungsteno?                    | 12.15. ¿Para qué se utiliza el respaldo cerámico?   |
| 12.8. ¿Qué tipos de hilos de aporte conoces?                           |   |



# 12

## Consumibles

### Introducción

En todos los procesos de soldadura se utilizan materiales consumibles, bien como material de aporte, bien como material base, gases combustibles y oxígeno para la soldadura oxigás, gases de protección del baño de fusión, insertos, apéndices, etc.

Aunque el electrodo de tungsteno no se considera consumible, por no fundirse en el proceso como material de aporte, aquí lo vamos a considerar como consumible por el desgaste que sufre en los sucesivos afilados.

El material de base, las piezas a soldar, también se pueden considerar consumible, aunque con un fin distinto, que es la utilización como parte de una construcción o máquina de cualquier tipo. En este proceso se producen pérdidas por el corte y preparación, pero aquí no vamos a tratar los materiales que se sueldan en los distintos procesos de soldadura ya que se hizo en el libro de mecanizado de primer curso en el capítulo de materiales.

### Objetivos

- Conocer los gases empleados en soldadura con protección gaseosa.
- Distinguir los gases inertes y activos.
- Reconocer y elegir los hilos y varillas de aporte.
- Elegir el electrodo de tungsteno adecuado.
- Definir los ángulos y forma de afilado de los electrodos de tungsteno.
- Justificar la importancia en la elección de los consumibles adecuados.
- Denominar correctamente los consumibles.
- Conocer los tipos de fundentes.

### Contenidos

- 12.1. Gases de protección
- 12.2. Hilos y varillas de aporte
- 12.3. Electrodo de tungsteno o wolframio
- 12.4. Otros consumibles



## 12.1. GASES DE PROTECCIÓN

En soldadura al arco con protección gaseosa se utilizan distintos gases, que estudiaremos a continuación, con la misión de proteger el baño de fusión de los efectos perjudiciales por el contacto con la atmósfera. Los más utilizados son: argón (Ar), helio (He), hidrógeno (H<sub>2</sub>), nitrógeno (N<sub>2</sub>), oxígeno (O<sub>2</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), todos ellos se pueden utilizar mezclados. Las propiedades de los gases o sus mezclas influirán en las características de las soldaduras, en el proceso a utilizar, en el cebado y estabilidad del arco, en la velocidad de soldadura, en el aporte calórico, en la penetración y en el aspecto del cordón de soldadura.

### 12.1.1. Influencia de las propiedades de los gases

Los gases poseen propiedades únicas que los caracterizan. A continuación, vamos a ver las que más directamente afectan a los procesos de soldadura:

- **Pureza:** las impurezas del gas pueden producir pérdidas de las características, y en parte, del metal base. Los aceros al carbono no suelen verse afectados pero sí el aluminio, el magnesio y sus aleaciones.
- **Energía de ionización:** afecta al cebado y estabilidad del arco, favoreciéndolo cuando disminuye el potencial de ionización.
- **Conductividad térmica:** influirá en la transmisión del calor y por tanto en la penetración en la soldadura.
- **Densidad:** es un factor importante en la protección del baño, variando el caudal según el tipo de gas utilizado.

### 12.1.2. Gases inertes y activos

Los gases utilizados en soldadura con protección gaseosa se pueden dividir en gases inertes y en gases activos aunque se pueden utilizar solos o mezclados según el tipo de soldadura a realizar.

- **Argón:** es un gas inerte que no reacciona con los elementos del baño de fusión. Tiene una densidad de 1,4 veces más pesado que el aire. Su bajo potencial de ionización favorece el cebado y la estabilidad del arco. La baja conductividad térmica hace que el calor se concentre en la zona central del arco. Se obtienen cordones con menos penetración que con el helio.
- **Helio:** tiene muy baja densidad, 10 veces menos que el argón. El aporte térmico es más elevado que el del argón y se obtienen cordones anchos y de



gran penetración. Se suelen soldar grandes espesores con grandes velocidades, pero tiene poca estabilidad del arco en comparación con el argón y, por su baja densidad, hay que regular el caudal de dos a tres veces el requerido con argón.

- **Dióxido de carbono:** su densidad relativa es 1,5. Es el único gas activo utilizado como gas de protección. Suele utilizarse en el soldeo MAG o en el soldeo FCAW (solo o mezclado). Las ventajas más importantes del  $\text{CO}_2$  son alta velocidad de soldeo, gran penetración y bajo coste

A los dos gases inertes (argón y helio) y al  $\text{CO}_2$  (gas activo) se les puede adicionar oxígeno, hidrógeno y nitrógeno para mejorar las propiedades de estos.

En soldadura TIG se suelen utilizar Ar, He o Ar + He.

En la soldadura MAG se pueden utilizar Ar +  $\text{CO}_2$  +  $\text{O}_2$ , y  $\text{CO}_2$ .

En soldadura con hilo tubular se puede utilizar Ar +  $\text{CO}_2$  +  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ , Ar +  $\text{O}_2$ .

Como gas de respaldo para la raíz se puede utilizar Ar+ He, o Ar,  $\text{N}_2$  +  $\text{H}_2$ , N, Ar +  $\text{N}_2$ , Ar +  $\text{H}_2$ .

- El gas de respaldo se suministra a la raíz de la soldadura para protegerla del soldeo, es necesario para el acero inoxidable y los materiales como níquel, aluminio y sus aleaciones. Para su suministro se utilizan dispositivos diseñados para tal fin.

## 12.2. HILOS Y VARILLAS DE APORTE

En soldeo MIG-MAG se utilizan electrodos continuos, hilos que vienen enrollados en bobinas o carretes y en una amplia gama de diámetros. Se fabrican por trefilado hasta conseguir el diámetro requerido. Pueden venir con un recubrimiento (cobreado) y su superficie debe ser lo más lisa posible. Las bobinas suelen ser de entre 15 a 20 kilos, excepto los suministros especiales que pueden ser hasta de 400 kilos. Existen también pequeñas bobinas de menos de 5 kilos. Todas las bobinas deben venir etiquetadas con la marca y denominación del fabricante, la norma o normas con la denominación del material que se suministra, el lote de fabricación, el diámetro y el peso.

Los hilos pueden ser sólidos o macizos, o tubulares. Los tubulares son huecos y, en su interior llevan fluxes que producen el gas de protección, si la soldadura es sin gas de aporte. Además, el flux puede aportar elementos que mejoran las características del baño de fusión.



Figura 12.1. Rollo de hilo (cortesía de OERLICON)

La clasificación y denominación de los hilos se ejemplifica a continuación:

- **HILO MACIZO**

**ACERO AL CARBONO A5. 18**

**ER70S6**

ER \_\_\_ Distintivo de hilo y varilla

70 \_\_\_ Resistencia a la tracción

$70 \times 0,7 = 49 \text{ kg/mm}^2$

S \_\_\_ Distintivo de hilo macizo

6 \_\_\_ Indica composición química del hilo

- **EN 440**

**EN440 G46 3 M G3Si1**

EN440 \_\_\_ Número de la norma europea

G \_\_\_ Hilo electrodo proceso protegido por gas

46 \_\_\_ Indica límite elástico =  $46 \text{ kg/mm}^2$

3 \_\_\_ Indica la resistencia

M \_\_\_ Indica gas de protección mezcla según EN439

Argón +  $\text{CO}_2$

Argón +  $\text{CO}_2$  + O

G3Si \_\_\_ Indica la composición química del hilo

Electrodo con adiciones hasta 2 % de elementos con el símbolo químico

- **IDENTIFICACIÓN DE LOS MATERIALES AWS**

Aceros aleados \_\_\_ A5.28



Aceros inoxidables \_\_ A5.9

Níquel \_\_ A5.14

Cobre \_\_ A5.7

Aluminio \_\_ A5.10

**Ejemplo de designación de:**

Aceero inoxidable austenítico A5.9ER 308LAWS

Cobre A5.7ER CuAWS

Níquel A5.14ER NiAWS

- **HILO TUBULAR**

**Ejemplo de designación:**

Aceros al carbono AWSA5.20E 71T-1

EN 758T46 31Ni B M 4-H5

Aceros inoxidables AWSA5.22E 308LT- 1

EN12073T 19 12 3L RM4

**Designación aluminio AWS:**

ER-1100 –Aluminio puro

ER-4145 – Aluminio 10 % silicio 4 % cobre

ER – Hilo o varilla

XXXX – Indica la numeración de la aleación

Las varillas de aporte, tanto para soldadura TIG como para soldadura MIG-MAG y otros procesos, deben tener las mismas características, o mejores que el material que se va a soldar.

La clasificación y designación son las mismas que para los hilos y se suministran en diferentes diámetros (suelen venir cobreadas y con un metro de longitud).



**Figura 12.2.** Varillas de aporte



### 12.3. ELECTRODO DE TUNGSTENO O WOLFRAMIO

Aunque el electrodo se considera no consumible, ya que no aporta material al baño de fusión, por su desgaste en los sucesivosafilados, lo vamos a considerar como consumible.

Su función es establecer y mantener el arco. Se fabrican de tungsteno por resistir altas temperaturas próximas a los 3.500°. Se pueden alear con torio, zirconio, lantano, cesio y otros, que le darán diferentes características para aplicarlos a los diferentes materiales a soldar.

#### 12.3.1. Clasificación de los electrodos

Los electrodos se clasifican por su composición o aleación y se identifican por colores.

A continuación se expone un ejemplo, de acuerdo a la normativa europea EN 26848 y la americana AWS:

- **SIMBOLIZACIÓN SEGÚN EN 26848**

**WT 40**

W: letra distintiva del wolframio, componente principal.

T: inicial del elemento del óxido de la aleación.

40: contenido medio de óxido multiplicado por 10.

Tabla 12.1. Ejemplo de identificación de electrodos de tungsteno según EN 26848

Simbolización	Color identificativo	Óxido de aleación		Wolframio
		Naturaleza	%	
WZ3	<b>Marrón</b>	Zirconio $ZrO_2$	0,15 a 0,50	resto hasta 100 %
WC20	Gris	Cerio $CeO_2$	1,80 a 2,20	resto hasta 100 %
WT20	<b>Rojo</b>	Torio $ThO_2$	1,70 a 2,20	resto hasta 100 %
WP	<b>Verde</b>			100 %



**Tabla 12.2.** Ejemplo de indentificación de electrodos de tungsteno según AWS

Simbolización	Elementos de aleación	Óxidos de aleación	Color	% de óxidos de aleación
EWP			Verde	
EWTh-2	Torio	ThO <sub>2</sub>	Rojo	2
EWCe-2	Cerio	CeO <sub>2</sub>	Naranja	2
EWLa-1	Lantano	La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Negro	1

Los electrodos se marcan en uno de los extremos, con el color que va en función del aleante y su porcentaje.

### 12.3.2. Diámetros y corriente de soldadura

La corriente que pasa a través del electrodo irá en función del diámetro. Si la intensidad es excesiva, habrá mucho calentamiento, pudiéndose fundir parte del electrodo y caer en el baño de fusión. Si la intensidad es baja, puede producir un arco inestable.

A continuación, se expone un ejemplo de diámetros de electrodos con la intensidad recomendada.

**Tabla 12.3.** Relación de diámetros de electrodos y toberas, tipo de corriente e intensidad

Diámetro electrodo mm	Diámetro tobera mm	Corriente continua	Corriente alterna	
		Polaridad negativa	Sin balance	Con balance
1	10	15-75	10-50	25-35
1,6	10	70-140	50-90	35-75
2,4	12	140-250	90-150	50-120
3,2	12	250-400	150-200	110-170
4	12	400-500	200-280	150-230
4,8	16	500-700	250-340	180-275

### 12.3.3. Afilado del electrodo de tungsteno

El extremo del electrodo debe tener la forma correcta para permitir el cebado del arco y evitar el arco inestable.

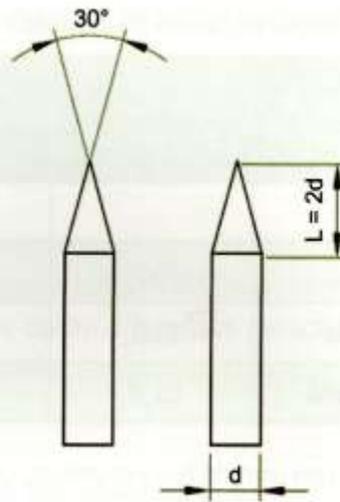


Figura 12.3. Afilado del tungsteno

El afilado correcto para aceros y aceros inoxidables será con un ángulo de  $30^\circ$  y una longitud de afilado de dos veces el diámetro, aproximadamente.

Para otros tipos de materiales, aluminio y sus aleaciones, el afilado de la punta será ligeramente cónica o redondeada.

El electrodo se puede contaminar por diversas causas: durante el amolado del electrodo por utilizar una muela que se haya empleado para otras operaciones, por contacto con el metal base, por contacto con el baño de fusión o la varilla de aportación, por caudal de gas insuficiente.

En el afilado del tungsteno es muy importante que la huella que deje el amolado sea longitudinal, no radial, para mejorar la estabilidad del arco, por lo que se colocará de forma tangente a la muela, según se indica en la figura.

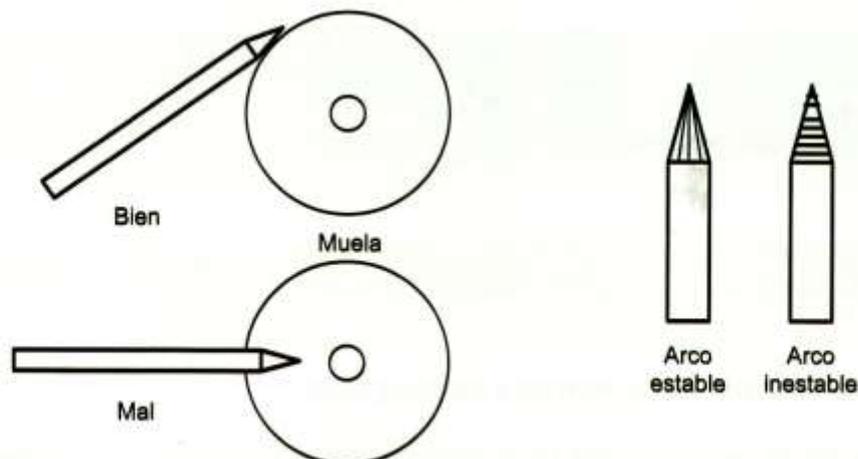
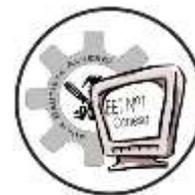


Figura 12.4. Forma correcta de afilar el tungsteno



## 12.4. OTROS CONSUMIBLES

Para conseguir una soldadura más fácil, de mejor calidad y de mejor aspecto, se suele utilizar para el reverso del cordón de raíz soportes que pueden ser de material cerámico, de acero no recuperable o de otros metales, así como insertos consumibles que se utilizan para el cordón de raíz en el soldeo de tuberías.

En algunos procesos y en los hilos tubulares se utilizan fluxes.

### 12.4.1. Soporte cerámico

Es una pieza de material cerámico, que se acopla sobre todo en las soldaduras a tope con chaflán y separación. Sirve para retener el material de aporte fundido junto con el de la pieza, además de servir de molde, con lo que el cordón queda uniforme y sin defectos.

### 12.4.2. Soporte de acero

Para la pasada de raíz se acopla un soporte de acero no recuperable que se fundirá, en parte, con el material base y el de aporte. No es muy recomendable porque puede quedar escoria atrapada en la raíz.

### 12.4.3. Insertos

Son unas piezas que se colocan en la separación de la junta de las soldaduras de tuberías y, una vez soldado el tubo, formará parte de él.