

2. OXICORTE OXYGEN CUTTING - OC

2.1. Fundamento del oxicorte

Su aplicación a la industria, iniciada en EE.UU. en el año 1907, constituyó una verdadera revolución.

El proceso se basa en la experiencia de Lavoisier, que data de finales del siglo XVIII, sobre la combustión en una atmósfera de oxígeno de un hilo de hierro previamente calentado. Se producía en su extremo un desprendimiento de chispas y el óxido fundido formado se iba desprendiendo, poco a poco, hasta consumir completamente el hilo.

El acero no es un material combustible pues su oxidación, en condiciones atmosféricas normales, es tan lenta que no da lugar nunca a una combustión. Sin embargo, en atmósfera de oxígeno puro la reacción es totalmente distinta, por lo que en esas condiciones podemos referirnos a la ignición y combustión del acero de la misma manera que la de otras muchas materias.

Si calentamos un trozo de acero a una temperatura entre 800 y 900 °C y proyectamos seguidamente un chorro de oxígeno puro a la superficie caldeada comenzará a arder violentamente, siendo el calor desarrollado en este proceso de oxidación tan grande que la combustión prosigue a través de la pieza.

La reacción de oxicorte es fuertemente exotérmica. El calor desprendido calienta las zonas vecinas favoreciendo la continuidad de la reacción.

Consta de dos fases:

1.^a) Oxidación de las superficies cortadas con el oxígeno.

La formación del óxido líquido favorece considerablemente la reacción. La película, formada en las superficies de las caras de la sangría, desempeña un papel catalítico. El oxígeno y el metal se disuelven en el óxido líquido en cuyo seno, y como consecuencia del extenso contacto entre ambos, se desarrolla la reacción con gran intensidad.

2.^a) Eliminación del producto de la combustión, óxidos de hierro, por medio de la energía cinética del chorro de oxígeno.

Esta reacción tiene lugar inmediatamente después de la primera.

El óxido formado en la sangría se desprende continuamente, calentando las paredes al mismo tiempo que se produce la reacción. Es indispensable un avance regular del soplete, de manera que se formen nuevas cantidades de óxido iguales a las que salen por la parte inferior de la sangría.

Las condiciones necesarias para que el oxicorte se produzca son:

- 1) El metal, una vez calentado, debe ser susceptible de inflamarse en oxígeno puro y producir una escoria fluida que, por el chorro de oxígeno, pueda ser desalojada fácilmente de la hendidura del corte.
- 2) La temperatura de combustión del metal tiene que ser inferior a su punto de fusión,

pues de no ser así el metal se fundiría y el caldo fundido obstruiría el canal de corte.

- 3) El óxido producido por la combustión ha de tener un punto de fusión más bajo que el de fusión del metal, con el fin de que las escorias y los residuos no obstruyan el corte.
- 4) El calor desarrollado en la combustión del metal debe ser el mayor posible, para compensar todas las pérdidas caloríficas y garantizar que la pieza se encuentre siempre a la temperatura a la que se inicia la combustión.

En consecuencia, sólo pueden cortarse con oxígeno puro el hierro dulce, el acero al carbono, el de baja aleación y los aceros de moldería. Tanto los aceros inoxidables como otros altamente aleados y las fundiciones de *Cu* y *Al* no se pueden cortar con oxígeno por no satisfacer las premisas mencionadas.

En la operación de oxicorte se utiliza simultáneamente una llama para precalentar y el oxígeno para cortar. El precalentamiento se realiza por la mezcla de un gas combustible y oxígeno, que fluye por los orificios laterales de la boquilla y el corte, por el chorro de oxígeno que fluye a través del orificio central de la boquilla. Una vez se haya aplicado el precalentamiento y el material alcance la temperatura de inflamación, la velocidad de salida del oxígeno de corte es el factor decisivo para conseguir el rendimiento óptimo de la operación. Interesa que esta velocidad sea lo más elevada posible, no sólo para obtener un corte limpio sino para expulsar simultáneamente las escorias.

Para aclarar ambas funciones vamos a suponer que actúan por separado.

La llama de precalentamiento transmite calor principalmente a la parte superior de la chapa y las isoterms internas van a ser de forma circular con centro en el dardo, como muestra en la figura 3A.

El oxígeno de corte va a hacer arder y desprender calorías de forma regular a lo largo de la sangría. Por la parte baja de la sangría, pasará más escoria incandescente que por la parte superior. Esta escoria líquida aportará calorías suplementarias a la parte inferior, ofreciendo unas isoterms como se observan en la figura 3B.

En definitiva, de la superposición de ambos fenómenos resultarán unas isoterms como las mostradas en la figura 3C. Ello indica la importancia del calor generado por la combustión de la chapa, que puede sobrepasar al de la llama cuando el espesor es grande.

En la operación influyen diversos parámetros como:

- naturaleza del material a cortar;
- grado de limpieza de la superficie a cortar;
- tipo y presión del gas combustible;
- pureza del oxígeno de corte;
- tipo de boquillas o sopletes;
- inyectores, etc.

De todos ellos, la pureza del oxígeno tiene una especial importancia por su influencia en la velocidad de corte. Si el oxígeno fuese de una pureza del 98,5%, en lugar del 99,5% la velocidad de corte descendería un 25%.

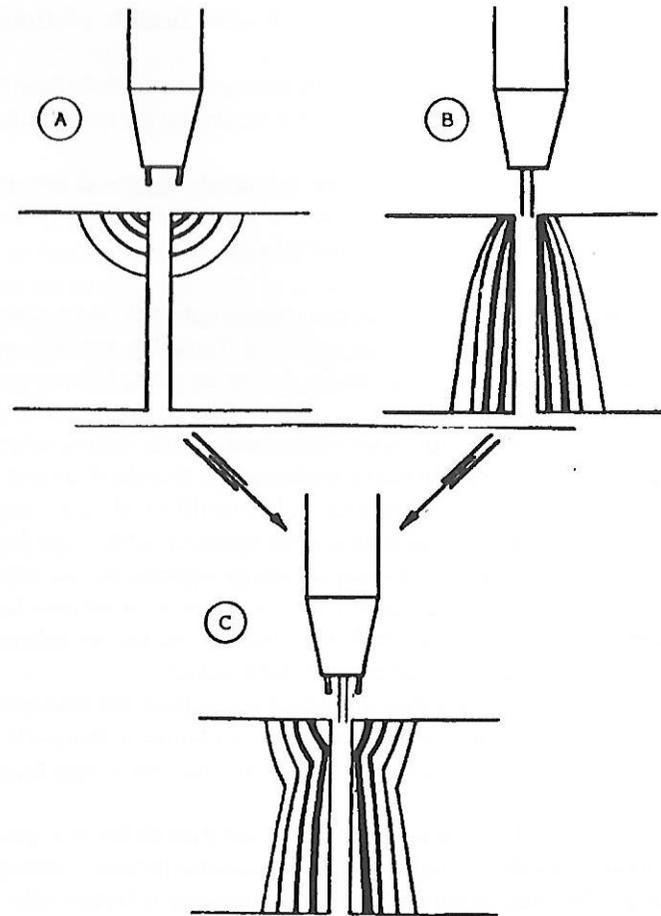


Figura 3

Los gases combustibles que más se utilizan para el precalentamiento son el acetileno y el propano. Este último es más económico, pero la velocidad de corte resulta un 20% menor.

2.2. Equipo de oxicorte

El equipo de oxicorte está compuesto por:

- soplete;
- boquillas;
- mangueras;
- reguladores o manorreductores.

Soplete

Está formado por una empuñadura estriada, provista de llaves para oxígeno y gas de precalentamiento y una palanca para el oxígeno de corte. En la figura 4 se muestra este elemento.

El gas de precalentamiento y el oxígeno se conducen desde los acoplamientos situados en el cuerpo del soporte a través de tres tubos, dos de los cuales conducen el gas de precalentamiento y el oxígeno hasta la cabeza del soplete en la que se encuentran el inyector y la cámara donde se realiza la mezcla de ambos. El tercer tubo conduce directamente el oxígeno de corte desde el acoplamiento de la empuñadura hasta el orificio central de la boquilla.

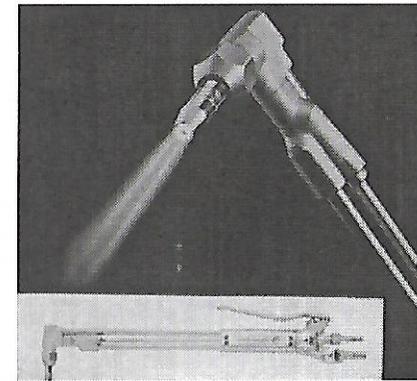


Figura 4

Boquilla

El cuerpo interior es de latón y lleva practicadas unas estrías exteriores por las que circula la mezcla oxígeno-gas de precalentamiento y un orificio interior por donde fluye el oxígeno de corte. En la figura 5, se representa la vista en sección de una boquilla.

La boquilla juega en el oxicorte un protagonismo de tal naturaleza que puede afirmarse que los avances conseguidos en calidad y rendimiento de la operación de oxicorte se deben a mejoras en el diseño y fabricación de estos elementos.

El perfecto rectificado del conjunto central de la boquilla consigue que el flujo del oxígeno de corte sea laminar y no turbulento, pues en este último caso el rendimiento puede llegar a ser inferior al 40%.

Las boquillas de nuevo diseño, como las de corte rápido, están basadas en el hecho de que la velocidad de corte se incrementa al aumentar la pureza de oxígeno, gas que puede contaminarse por tres causas:

- al entrar en contacto con los gases del entorno;
- por la formación de CO a partir del carbono del acero;
- como consecuencia del mal estado de las canalizaciones.

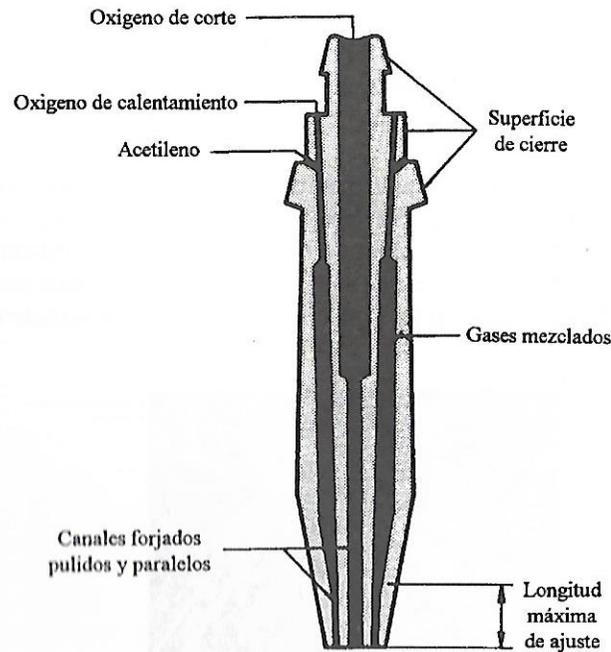


Figura 5

Para que la boquilla mantenga la pureza del oxígeno de corte se le practica una expansión al final del cilindro de corte para producir una cortina circular de oxígeno alrededor del chorro que le proteja de las impurezas circundantes. Con este tipo de boquillas puede conseguirse un aumento del 80% en la velocidad al cortar una chapa de 10 mm. de espesor.

Mangueras

Las mangueras deben reunir las siguientes características:

- Presión de trabajo: 22 kg./cm².
- Capa interior de estanqueidad de 1,8 mm de espesor.
- Rodeando esta capa de estanqueidad, una malla textil que le confiere resistencia a la presión.
- Capa exterior de protección de 2,1 mm. de espesor, de diferentes colores para oxígeno, propano o acetileno.
- Las conexiones para las mangueras de gas y de oxígeno deben ser diferentes. Las tuercas de acople deben ser "locas", para evitar que las mangueras se retuerzan al roscarlas a ellas.

Reguladores

El regulador o manorreductor es un aparato para reducir la presión al valor adecuado al espesor a cortar y que se conecta por rosca a una botella o a la red. En la figura 6 se muestran dos reguladores conectados a sendas botellas de gas.

En su interior consta de:

- Muelle, de constante característica según la presión de salida.
- Membrana, variable según la presión de salida.
- Diversos elementos de obturación.

Los reguladores suelen disponer de manómetros indicadores de presión.

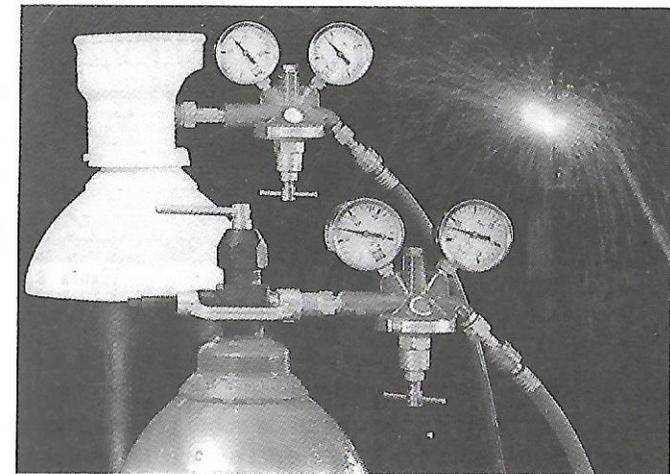


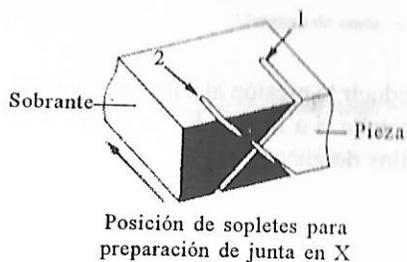
Figura 6

1.3. Mecanización del oxicorte

Con objeto de aumentar la productividad de la operación el sistema puede montarse sobre una instalación, más o menos automatizada, según la aplicación concreta. Existen diversos tipos de máquinas e instalaciones.

Los más conocidos son los siguientes:

- **Máquina semiautomática**, para cortes rectos o inclinados. Consiste en un carro transportador, de velocidad regulable, sobre el que se monta el número adecuado de sopletes, pudiéndose guiar a mano, sobre una plantilla, un carril o un elemento giratorio. En la figura 7 se muestra una máquina de este tipo.



Posición de sopletes para preparación de junta en X

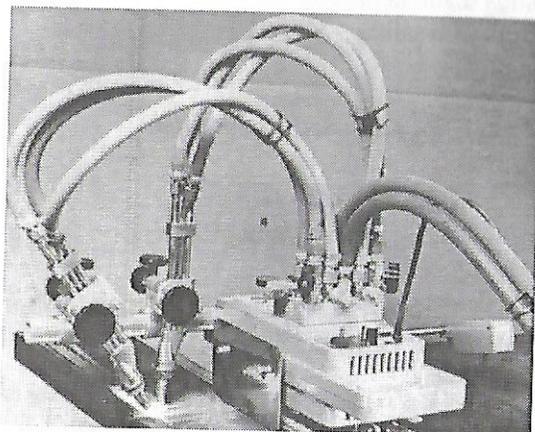


Figura 7

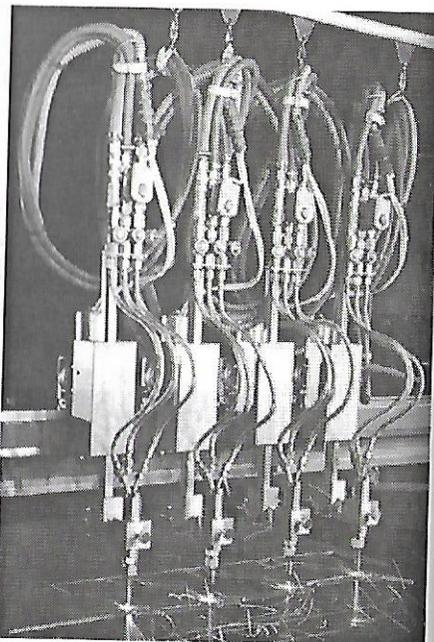


Figura 8

- **Mesa de corte recto**, con sopletes múltiples.

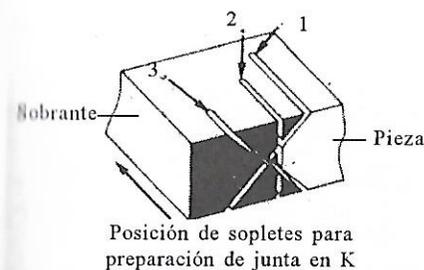
Consta de un pódico de traslación que rueda sobre unos carriles sobre el que se montan varios sopletes, móviles a lo ancho del pódico, tal y como se observa en la figura 8.

- **Mesa de corte inclinado**, con sopletes múltiples.

Está formada por un pódico que se traslada con velocidad regulable y sobre el que se montan sopletes que se mueven mecánicamente guiados a través de los siguientes sistemas:

- pantógrafo;
- célula fotoeléctrica que se mueve a lo largo de la línea del dibujo que se desea reproducir en corte, a escala 1:1 ó 1:10;
- control numérico, en el cual los movimientos de pódico y sopletes se programan y envían por ordenador.

La figura 9 muestra una mesa de este tipo, típica de los astilleros, para corte simultáneo de formas simétricas.



Posición de sopletes para preparación de junta en K

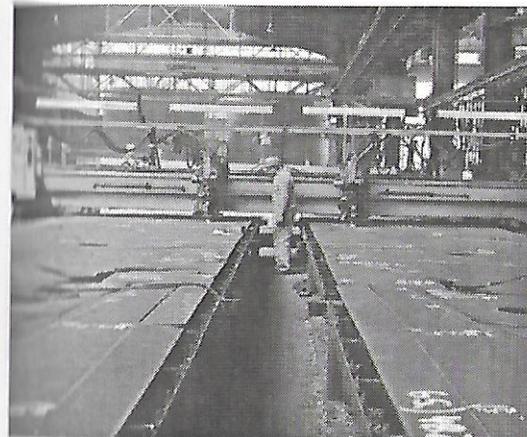


Figura 9

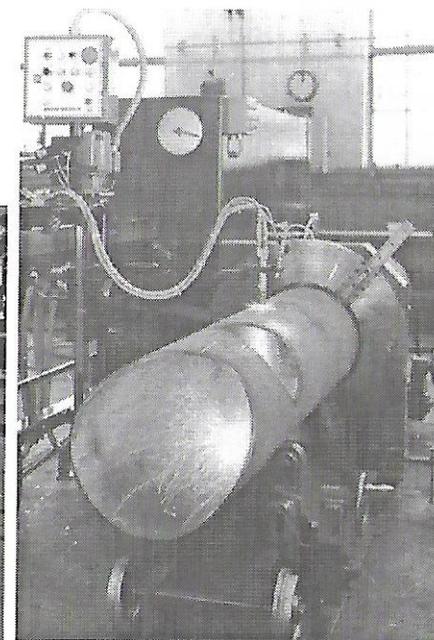


Figura 10

- **Instalación para corte de inyectores de tubos**

Está formado por un brazo articulado con un soporte dirigido a través de:

- Un sistema mecánico.
- Un sistema de control numérico, que opera previo conocimiento de los radios de los tubos, el ángulo de intersección y el ángulo del chaflán mínimo y máximo.

En la figura 10 se muestra esta instalación.

2.4. Defectología de las superficies oxicortadas

A efectos comparativos vamos a exponer, en primer lugar, las secciones de corte perfectas y, a continuación, los defectos más corrientes producidos en la operación de oxicorte.

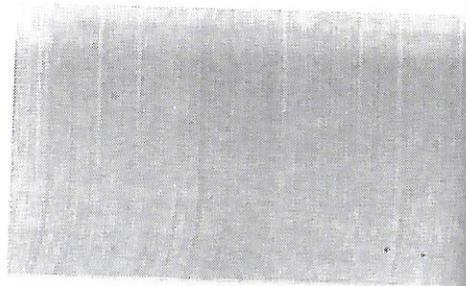
A. Técnicas adecuadas

Corte perfecto

La superficie es regular, con señales ligeramente curvas en su parte inferior.

Existen finísimas escamas en la parte superior producidas por la llama de precalentamiento, que se desprenden con facilidad.

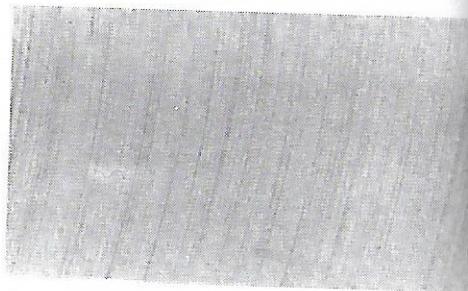
La superficie es apta para muchas aplicaciones, sin necesidad de un mecanizado previo.



Corte de producción

Se caracteriza por una curva moderada de la señal de corte y una superficie razonablemente lisa.

En trabajos de producción, este corte representa la mejor relación calidad-economía.

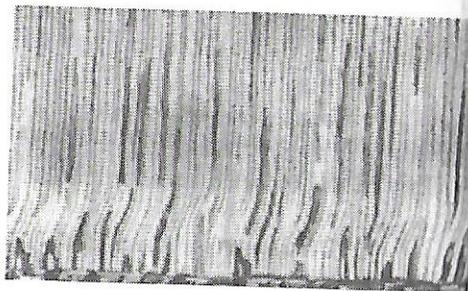


B. Técnicas inadecuadas

Boquilla sucia

La escoria o suciedad adheridas a la boquilla desvían el chorro de oxígeno y originan cualquiera de los siguientes defectos:

- Excesiva huella de corte.
- Superficie irregular.
- Hoyos.
- Interrupciones de corte.

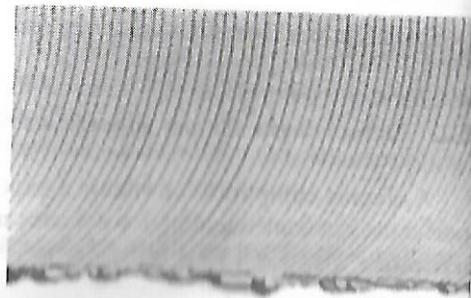


Velocidad excesiva

Se caracteriza por unas señales de corte muy curvadas.

El corte superior y la superficie son aceptables. Sin embargo, la escoria se adhiere en la parte inferior con el riesgo de que se interrumpa la operación. El motivo es que el tiempo ha sido insuficiente para que la escoria sea expulsada completamente del canal de corte.

Con frecuencia, la superficie es ligeramente cóncava.



Velocidad alta

Aumenta la curvatura hacia atrás de la huella de corte, pero se consigue expulsar totalmente la escoria. El corte superior es bueno, la superficie aceptable y la escoria no se adhiere en la parte inferior.

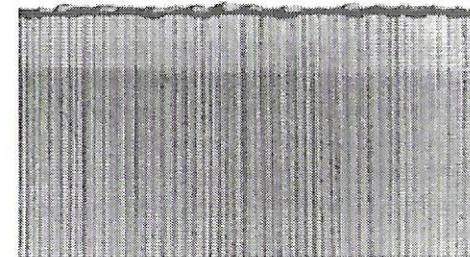
La calidad resultante es satisfactoria para muchos trabajos de producción.



Velocidad baja

El corte es bueno, pero la superficie es basta con huellas verticales profundas.

La arista superior es ligeramente redondeada. Aunque la calidad generalmente es aceptable, es conveniente aumentar la velocidad de corte.

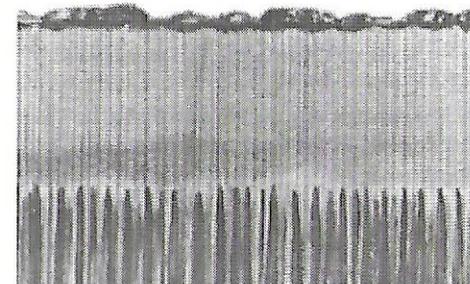


Velocidad insuficiente

Una huella de corte profunda indica un exceso de oxígeno, debido a:

- boquilla demasiado grande;
- presión excesiva del oxígeno de corte;
- velocidad de corte insuficiente, con el borde superior redondeado.

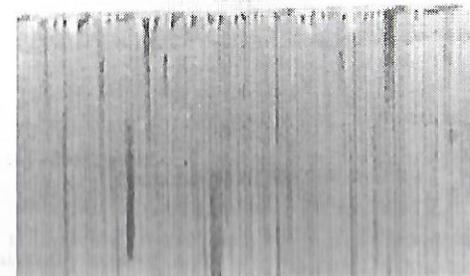
Al ir reduciendo el volumen de oxígeno las huellas profundas se van desplazando hacia abajo, hasta desaparecer finalmente.



Boquilla demasiado cerca de la chapa

La operación es inestable y origina profundos canales y huellas de corte.

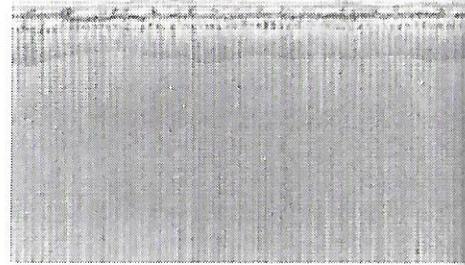
Una parte del dardo de precalentamiento arde dentro de la acanaladura y la expansión normal del gas desvía el chorro del oxígeno de corte.



Boquilla demasiado lejos de la chapa

La arista superior aparece redondeada.

El precalentamiento es insuficiente al estar muy alejada la boquilla. Si mantenemos esa distancia, debemos reducir la velocidad para evitar el peligro de una interrupción del corte.

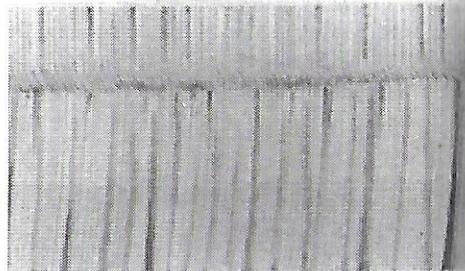
*Exceso de oxígeno de corte por reglaje inadecuado de gas*

Al aplicar más oxígeno del necesario para la oxidación del acero, el exceso envuelve a la escoria y origina canales o "huellas de presión".

Este defecto se corrige:

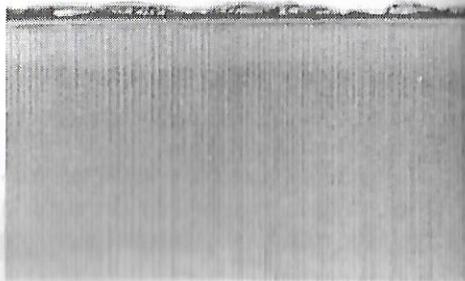
- disminuyendo la presión del oxígeno de corte;
- aumentando la velocidad;
- utilizando una boquilla más pequeña.

Al corregir el volumen de oxígeno las "huellas de presión" se desplazan hacia abajo, hasta desaparecer.

*Exceso de precalentamiento*

La arista superior es redondeada.

El exceso de precalentamiento supone un desperdicio inútil de gas, pues no aumenta la velocidad de corte.



3. CORTE CON PLASMA

PLASMA ARC CUTTING -PAC

3.1. Fundamento del corte con plasma

El fundamento del corte con plasma es diferente al del oxicorte. Como acabamos de ver, este último se produce como consecuencia de la combustión del acero, previamente calentado, en una atmósfera de oxígeno puro, mientras que el corte con plasma se realiza a las altísimas temperaturas que se generan dentro del plasma, de hasta 50.000 °C, que funden casi instantáneamente y llegan a volatilizar el material. El plasma se produce cuando un chorro de gas, inicialmente frío, se calienta con un arco eléctrico y se le hace pasar por un orificio estrecho que reduce su sección. Se forma de esta manera un conductor eléctrico gaseoso de alta densidad de energía, formado por una mezcla de electrones libres, iones positivos, átomos disociados y moléculas del gas, denominado **plasma**.

Este chorro de gas-plasma es conducido eléctricamente desde el cátodo de tungsteno o boquilla electrodo hasta la pieza a cortar, conectada eléctricamente para que haga de ánodo. Como la pieza está fría, parte del gas ionizado se desioniza y transfiere su energía en forma de calor al material a cortar. El corte se produce como consecuencia de la alta aportación energética confinada en una reducida sección a través de un chorro de gas-plasma a alta velocidad, aproximadamente la del sonido, que al chocar con la pieza a cortar expulsa rápidamente el material fundido y volatilizado, produciendo un corte limpio.

Podemos describir la configuración del gas-plasma diferenciando dos zonas: la envolvente y la central.

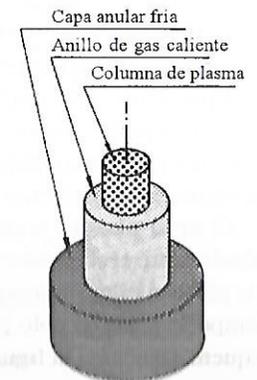
La zona envolvente es una capa anular fría, sin ionizar y en contacto con las paredes de la boquilla, con las misiones de aislarla eléctricamente de la zona interior del chorro, confinar el arco a la región de la columna-plasma y colaborar en la refrigeración de la boquilla.

La zona central tiene dos capas, una periférica constituida por un anillo de gas caliente no suficientemente conductor y la columna de plasma o núcleo, que es donde el gas presenta la más alta conductividad térmica, la mayor densidad de partículas ionizadas y las más altas temperaturas, entre 10.000 y 30.000 °C. Ello es debido a que el campo magnético producido por la corriente eléctrica del plasma comprime la columna del arco, aumentando su resistencia eléctrica y, por consiguiente, el número de choques entre sus partículas.

Las variables del proceso son:

- El gas o gases empleados.
- El caudal y la presión de los mismos.
- Distancia boquilla-pieza.
- Velocidad de corte.
- Energía empleada o intensidad del arco.

Respecto a los gases utilizados el **nitrógeno** es el que, en general, mejor se comporta respecto a la calidad del corte. En cuanto a la energía empleada y la velocidad son las variables que hay que ajustar para cada material y espe-



sor. En los equipos modernos, la presión de los gases y la distancia de la boquilla a la pieza se pueden mantener constantes.

Se puede controlar la temperatura en el plasma, pues ésta crece con el producto $U \times I$ (Tensión \times Intensidad). Como la tensión del arco crece con el mayor o menor estrangulamiento de la columna, con el aumento de la presión y con el caudal de los gases aportados, podremos conseguir temperaturas elevadas con caudales moderados modificando los factores antes descritos. Otra característica del arco-plasma es la estabilidad direccional de la columna, que se mantiene sin cambiar de dirección frente a corrientes de aire, campos magnéticos, etc, debido a que el haz de gas sale de la boquilla a velocidades sónicas que tienden a mantener la columna de plasma sin apenas divergencia, como se observa en la figura 11, hasta que llega a la pieza a cortar.

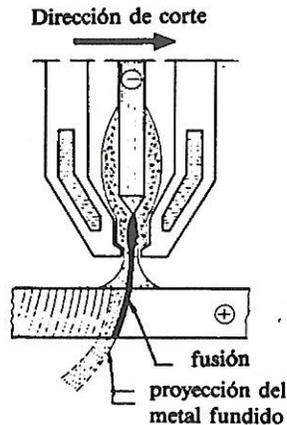


Figura 11

Existen dos tipos de arco-plasma, el no transferido y el transferido.

El **arco-plasma no transferido** se produce cuando el arco salta entre el electrodo y la boquilla, conectada al polo positivo de la fuente de corriente, a través de una resistencia eléctrica. Para conseguir hacer saltar el arco-plasma es necesario disminuir la distancia entre la boquilla y la pieza.

Este tipo de arco, esquematizado en la figura 12, es el que se suele emplear en soldadura, como en su momento tendremos ocasión de ver.

El **arco-plasma transferido** se origina estableciendo previamente un arco piloto de cebado entre el electrodo y la boquilla. En el momento que se forma el arco entre la boquilla y la pieza el piloto se apaga automáticamente por medio de un relé, conectándose al mismo tiempo la pieza al polo positivo, quedando estabilizado el arco-plasma. Esta modalidad, esquematizada en la figura 13, es la utilizada en corte y en operaciones de recargue.

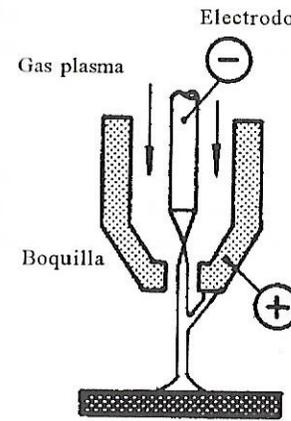


Figura 12

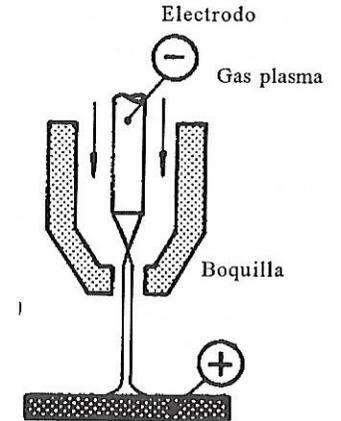


Figura 13

3.2. Modalidades de corte con plasma

Toda su tecnología se basa en el diseño de las boquillas o portaelectrodos. Los avances han permitido mejorar la calidad de corte, aumentar su velocidad, simplificar los gases utilizados y reducir el coste de los elementos consumibles de la boquilla hasta conseguir que el corte con plasma de los aceros al carbono sea, en ocasiones, más rentable que el oxicorte.

Corte con plasma de aire

El gas empleado es aire. Los electrodos deben ser de circonio o hafnio. Mejora la

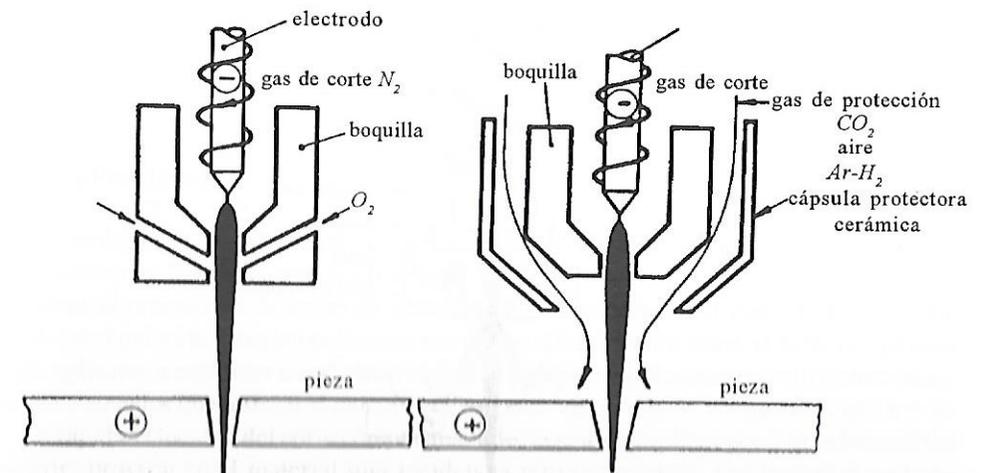


Figura 14

Figura 15

velocidad un 25% y suele aplicarse sólo al acero inoxidable y aluminio, ya que para otros materiales tiene el inconveniente que las superficies de corte resultan muy oxidadas.

Corte con inyección de oxígeno

Utiliza N_2 como gas de cebado e introduce el O_2 en el momento en que se produce el chorro-plasma, como se representa en la figura 14. Se aplica a acero al carbono y usa una mezcla formada por 80 % N_2 + 20 % O_2 , que incrementa la velocidad de corte y aumenta considerablemente la vida de los electrodos.

Sin embargo, tiene los inconvenientes de que el corte no es recto y la duración de la boquilla es escasa.

Corte con "Doble flujo"

Añade un segundo gas de protección alrededor de la boquilla y utiliza una cápsula protectora de cerámica que la protege del arco doble, como se observa en la figura 15.

Como gas de corte se usa N_2 y como gas de protección, CO_2 , aire, $Ar-H_2$, etc., en función del metal a cortar.

Este sistema mejora la velocidad de corte pero su calidad no es óptima y el gasto de consumibles alto.

Corte con "inyección de agua"

En este procedimiento se inyecta agua de forma radial y laminar. El efecto radial produce una mejor constricción del plasma, consiguiéndose más perpendicularidad en el corte y mayor velocidad. **Utiliza N_2 para todo tipo de materiales.** Entre el plasma y el agua inyec-

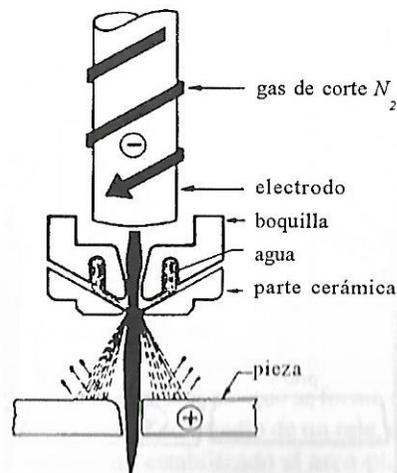


Figura 16

tada se produce una capa de vapor que tiene el mismo principio que hace que una gota de agua baile en una sartén caliente, en vez de evaporarse. Esta capa incrementa la duración de la boquilla, debido a que hace de aislante y permite además, como se observa en la figura 16, que la parte inferior de la misma sea de material cerámico para evitar el "doble arco". **Este procedimiento es el más utilizado en la industria.** Otra variante, que logra también una mayor constricción del arco, es el procedimiento "Vortex agua" descrito en la figura 17, que consiste en dar un movimiento centrífugo al agua alrededor del arco.

El grado de constricción está limitado a la velocidad necesaria para producir un "vortex" estable.

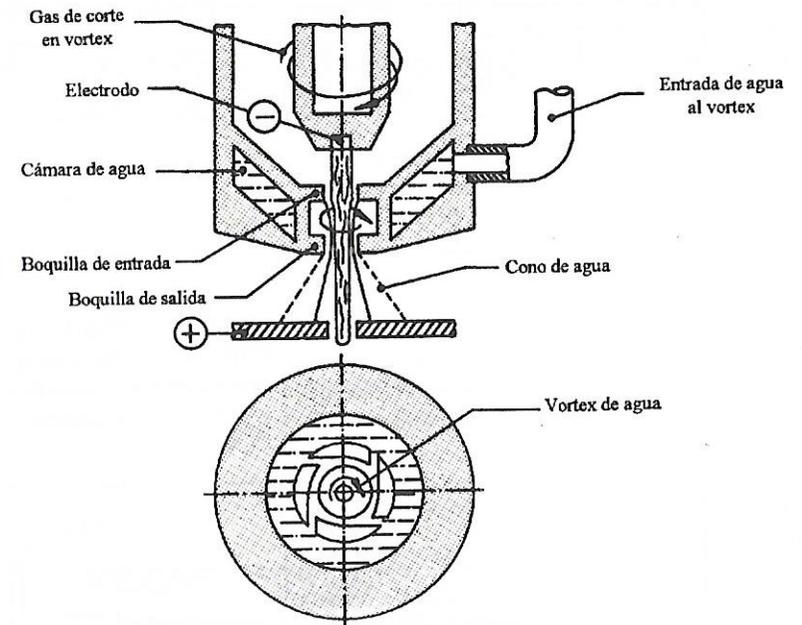


Figura 17

3.3. Aplicaciones

Al principio, el uso del corte con plasma se centró fundamentalmente en los aceros inoxidables y en las aleaciones de aluminio.

Como el proceso no depende de una reacción química entre el gas y la pieza, como sucede en el oxicorte, y las temperaturas son extraordinariamente altas, el corte con plasma puede aplicarse a cualquier metal eléctricamente conductor, prácticamente sin limitaciones, incluso a aquellos que resisten el oxicorte, tales como Mg , Ti , Cu , Ni y aleaciones de Cu y Ni .

La rápida velocidad del corte con plasma, que llega a multiplicar por 5 la velocidad del oxicorte, provoca en el material una incidencia térmica mínima. Los aceros al carbono muestran cambios estructurales hasta una profundidad de 0,2 mm. Los inoxidables

austeníticos, en buena lógica, no presentan cambios de estructura. En el *Al* aparece una fusión incipiente en los límites de grano hasta 0,2 mm. de la superficie cortada con plasma.

Para ofrecer una idea de la potencia de este proceso, puede cortarse sin ningún problema acero inoxidable hasta 100 mm. y aleaciones de *Al* hasta 150 mm. de espesor. El consumo de corriente eléctrica es reducido. El ruido es menor cuando se utiliza una baja intensidad de corriente.

Como medio plasmágeno puede emplearse cualquier gas o mezcla de gases con tal de que no perjudiquen ni al electrodo de tungsteno ni a la pieza a cortar. A modo de orientación se ofrece la siguiente tabla:

GAS DE CORTE	Gas de protección/ medio de corte	APLICACIONES	OBSERVACIONES	Velocidad de corte	Calidad de corte
Aire	Aire	Cualquier metal que admita sus efectos secundarios, como la oxidación y la nitrogenación	Muy económico	Alta	Media
$N_2 + O_2$	Aire	Acero al carbono y de alto límite elástico. Corta mayores espesores que el proceso anterior. No recomendable para acero inoxidable, <i>Cu</i> y <i>Al</i> .	Ideal para corte de chapas de 4 a 8 mm. de espesor.	Más alta que en el proceso anterior	Alta. Cortes libres de escorias y rebabas.
Doble flujo N_2	CO_2 o aire	Acero inoxidable en espesores finos.		Alta	Media
$Ar + H_2$	N_2	Aceros inoxidables, <i>Cu</i> y <i>Al</i> en espesores medios		Baja	Alta
N_2	Bajo Agua	Corta cualquier metal. Aceros estructurales.	Es el proceso más utilizado	Alta	Media
O_2	Bajo Agua	Muy apropiado para aceros al carbono y estructurales. Industria naval.		Más alta que en el proceso anterior.	

Este procedimiento es el más empleado en grandes talleres que utilizan pórticos de corte automático, como el mostrado en la figura 18, en donde debido a las altas intensidades de arco empleadas, del orden de 600 A, se procede a cortar la pieza sumergida en agua, como se observa en la figura 19, para evitar contaminación de humos tóxicos, partículas metálicas en suspensión, altos niveles de luminosidad y de ruido. Se consiguen velocidad-

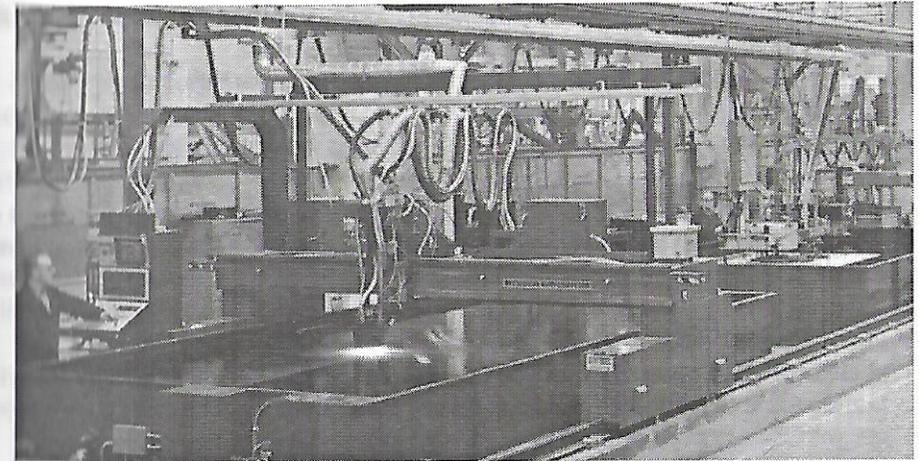


Figura 18

des cuatro veces mayores que las equivalentes con oxicorte y menores deformaciones por el calor, sobre todo en chapa fina. A pesar del mayor precio de los consumibles **el corte con plasma es más rentable que el oxicorte en los aceros al carbono hasta espesores de 20 a 45 mm.** según sea necesario perforar la chapa un mayor o menor número de veces.

Para menores intensidades también se utiliza mucho en la industria el corte con plasma "Doble Flujo" con inyección del gas de corte girando alrededor del electrodo.

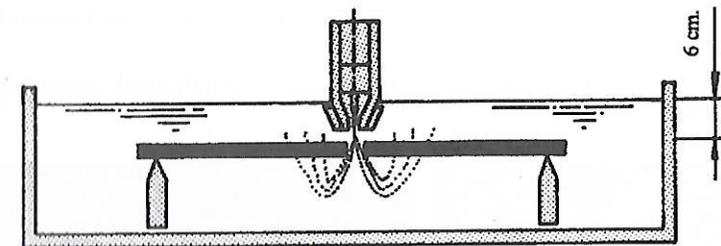


Figura 19

4. CORTE CON LÁSER LASER CUTTING-LC

4.1. Principio del proceso

Láser es una palabra compuesta por las iniciales de Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation y consiste en la ampliación de un rayo luminoso dentro de una cavidad resonante, que actúa como cámara de reacción, limitada por dos espejos: uno

totalmente reflectante y otro sólo parcialmente. El haz de láser se extrae de este último. En el capítulo 9 estudiaremos con más detalle esta fuente de energía.

4.2. Instalación

El haz se focaliza con ayuda de una lente o de un espejo parabólico de manera que se produzca la fusión de una pequeña zona del material. La operación se asiste con un *chorro de gas a presión* que actúa:

- Por acción mecánica:
al crear una fuerza superior a la de la tensión superficial que mantiene el material líquido sobre el sólido, de forma que evacue el metal fundido, los humos y los vapores producidos por la combustión.
- Por acción química:
en el caso de que el gas reaccione con el material a cortar.

Si se utiliza O_2 se consiguen máximas velocidades de corte en aceros al carbono, aleados e inoxidables, Ti y sus aleaciones. Si se desea impedir la oxidación en la superficie cortada debe emplearse un gas inerte, como He o Ar .

En ambos casos, el gas protege las ópticas contra las proyecciones del material fundido, humos y gases de la combustión.

El corte, que puede realizarse en la atmósfera, se produce con independencia de las propiedades mecánicas del material. El haz actúa como una herramienta puntual, sin contacto con la pieza. El proceso es silencioso y limpio.

La zona afectada térmicamente es muy estrecha y la pieza, prácticamente, no sufre deformaciones.

El contorno a cortar puede ser de cualquier forma y complejidad, como podemos comprobar en la figura 20.

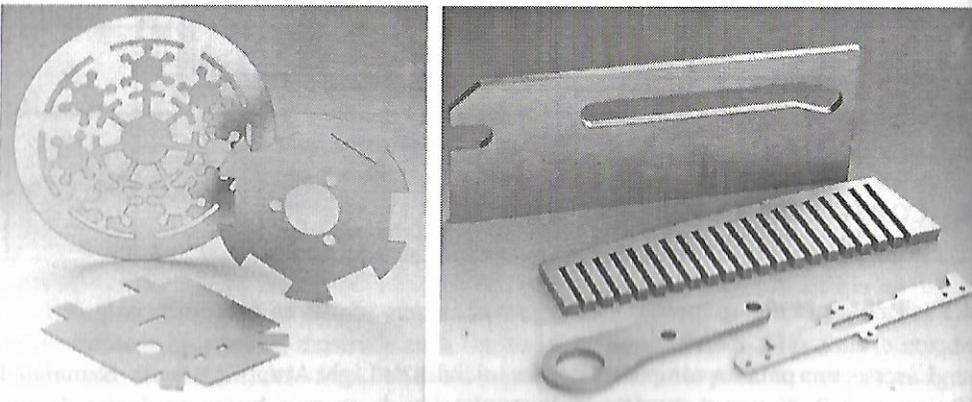


Figura 20

4.3. Aplicaciones

El láser puede cortar metales, plásticos, madera, materias textiles, cuero, vidrio, caucho y cerámica, con ventaja sobre otros procedimientos.

Las velocidades típicas están entre 1 y 10 m./min. ofreciendo una reducida anchura de corte, entre 0,2 y 0,4 mm.

Aunque la gama competitiva de corte en los aceros por los procesos anteriormente descritos se muestra en la figura 21, el láser permite el corte de acero hasta espesores de 13 mm. con potencia de 1,5 kW llegando a los 20 mm. con 2,5 kW. Con potentes láseres de CO_2 , se llegan a alcanzar hasta 30 mm.

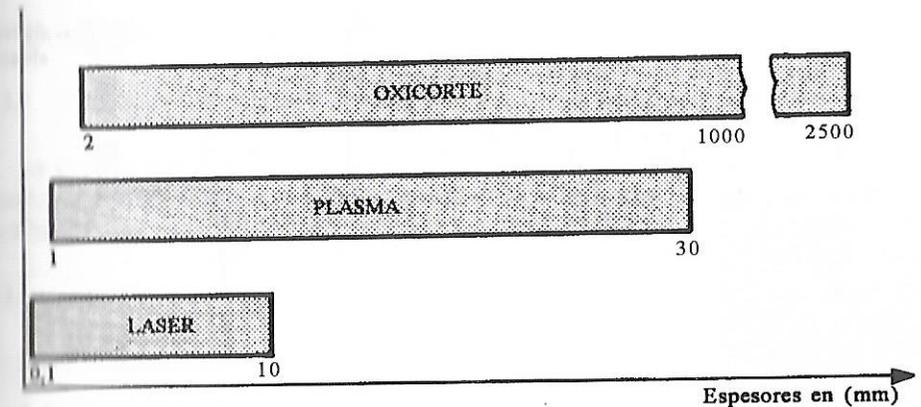


Figura 21

8. CORTE POR CHORRO DE AGUA

8.1. Principio del proceso

La energía necesaria la proporciona un fino chorro de agua a alta presión, sola o mezclada con polvo abrasivo, normalmente de corindón, que impacta sobre la superficie del material a cortar a una velocidad que duplica la del sonido.

El sistema de corte por chorro de agua, relativamente reciente, data del año 1971.

8.2. Instalación

La instalación, cuyo esquema se muestra en la figura 22, consta de:

- Planta de tratamiento, que filtra, descalcifica y desaliniza el agua.
- Equipo de bombeo, que abastece a la instalación del caudal de agua necesario y a la

presión requerida. Un rango de presión entre 3.000 y 4.000 kg./cm² es usual en este proceso.

- Unidad opcional de alimentación de polvo abrasivo, desde una tolva de carga conectada directamente a la boquilla de corte.
- Boquilla de corte, provista en su extremo de un zafiro o un diamante con un orificio de salida de pequeñísimo diámetro, 0,05 a 0,5 mm. La zona de trabajo se aísla por seguridad con una pantalla, rayo electrónico o campo magnético.
- Planta de tratamiento de residuos que, a través de una bomba de material resistente a la abrasión, son impulsados a un separador líquido-sólido para su posterior reciclado.

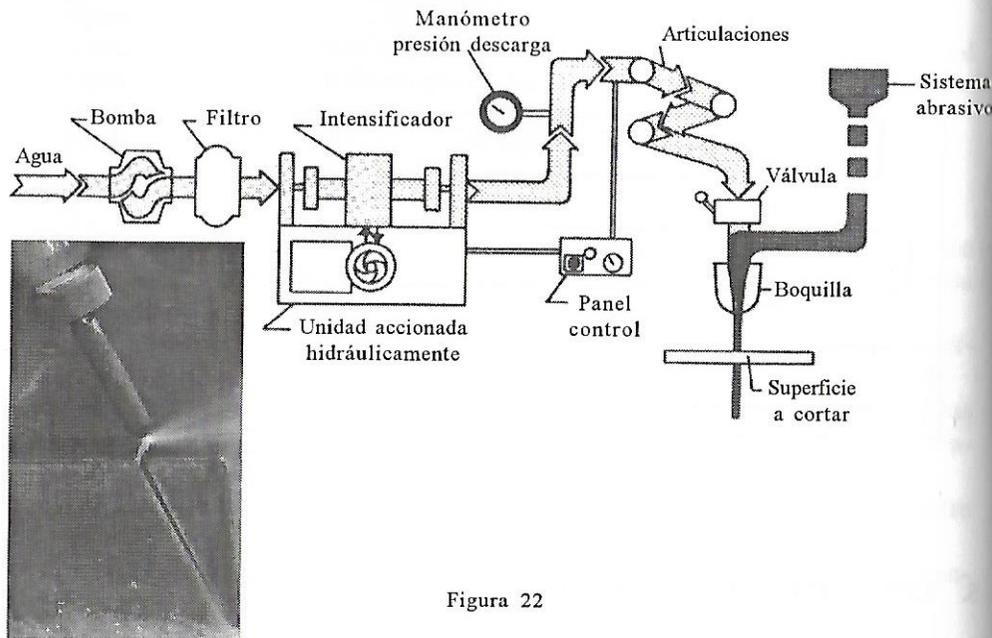


Figura 22

Las características de este proceso son:

- No deforma el material ni deteriora superficies pulidas ni protegidas.
- La sección de corte es completamente recta, haciendo innecesarios retoques posteriores.
- No aparece zona afectada térmicamente, ni altera las propiedades físicas y químicas del material.
- Perfora en cualquier dirección y en cualquier punto de la chapa y avanza, cortando el contorno de la pieza, sin que apenas se aprecie el punto de inicio del corte. El ancho de la ranura de corte oscila entre 0,1 y 1,5 mm.
- El proceso es susceptible de ser robotizado.
- Corta espesores no accesibles a otros procedimientos, como el láser o plasma.
- No produce polvo ni contaminación ambiental. El consumo de agua es pequeño.

8.3. Aplicaciones

La calidad del acabado depende de la velocidad de avance de la boquilla de corte, que se establece en función de la dureza y del espesor del material. En metales se pueden cortar espesores del orden de los 75 mm., cifra que puede superarse en materiales de menor dureza, como los 300 mm. que se alcanzan en hormigón.

Se aplica al sector de automoción en el corte de salpicaderos, techos, paneles de puertas, moquetas, etc. También en la industria textil y papelera, pues no deshila los tejidos ni aplasta los bordes del papel, al corte de productos congelados y alimentos en mataderos industriales y a los sectores de electricidad y electrónica, industria aeroespacial, etc.

6. CORTE POR LANZA TÉRMICA

6.1. Principio del proceso

La energía calorífica necesaria para el corte se obtiene de la reacción fuertemente exotérmica de la oxidación del *Fe*. En este proceso se alcanzan temperaturas de alrededor de 3.500°C.

6.2. Instalación

La instalación, como se observa en la figura 23, consta de:

- Cilindro de oxígeno, provisto de regulador de presión que suele oscilar entre 5 y 25 kg./cm², en función de la potencia de corte requerida.
- Manguera flexible, que conecta el depósito de O_2 y la lanza.
- Lanza térmica, provista de válvula de corte de oxígeno. La lanza consiste en un tubo de acero lleno de varillas de acero dulce.
- Los diámetros de las lanzas varían de 7 a 17 mm. y su longitud de 400 a 4.000 mm.

Para encender la lanza se acerca su extremo a un soplete hasta que alcance la temperatura de ignición del hierro. En este momento se abre lentamente la válvula de O_2 , gas que circula por el interior de la lanza, hasta que el color sea rojo intenso y el acero comience a arder. En estas condiciones, se abre todo el paso de O_2 .

Durante el proceso se mantiene la lanza a unos 20 mm. de la superficie a cortar.

La figura 23 muestra la lanza en funcionamiento, así como varios tipos de varillas.

6.3. Aplicaciones

Corta todo tipo de materiales. La calidad de corte es muy basta y se afecta térmicamente una gran extensión de material.

Se aplica principalmente a trabajos de obra civil, demoliciones, corte de mazarotas en la industria siderúrgica, etc.

En demolición o reparaciones por lanza térmica de antiguas construcciones se reco-

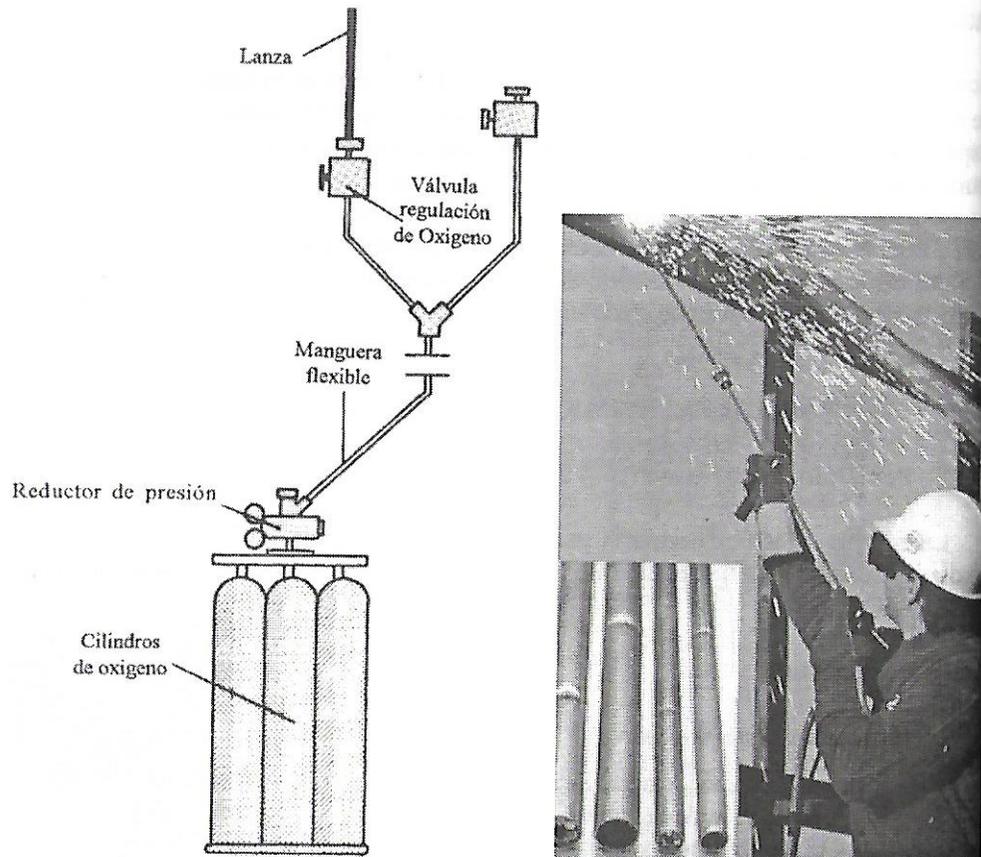


Figura 23

mienda prestar una atención especial a las estructuras metálicas pintadas con minio, a base de óxido de plomo Pb_3O_4 , por el riesgo de inhalación de sus vapores, requiriéndose en estos casos una protección especial de los operarios.

Idénticas precauciones deben observarse en el desmantelamiento por este proceso de depósitos que hayan contenido combustibles aditivados con sales de plomo, como por ejemplo gasolinas etiladas para ajuste del índice de octano.

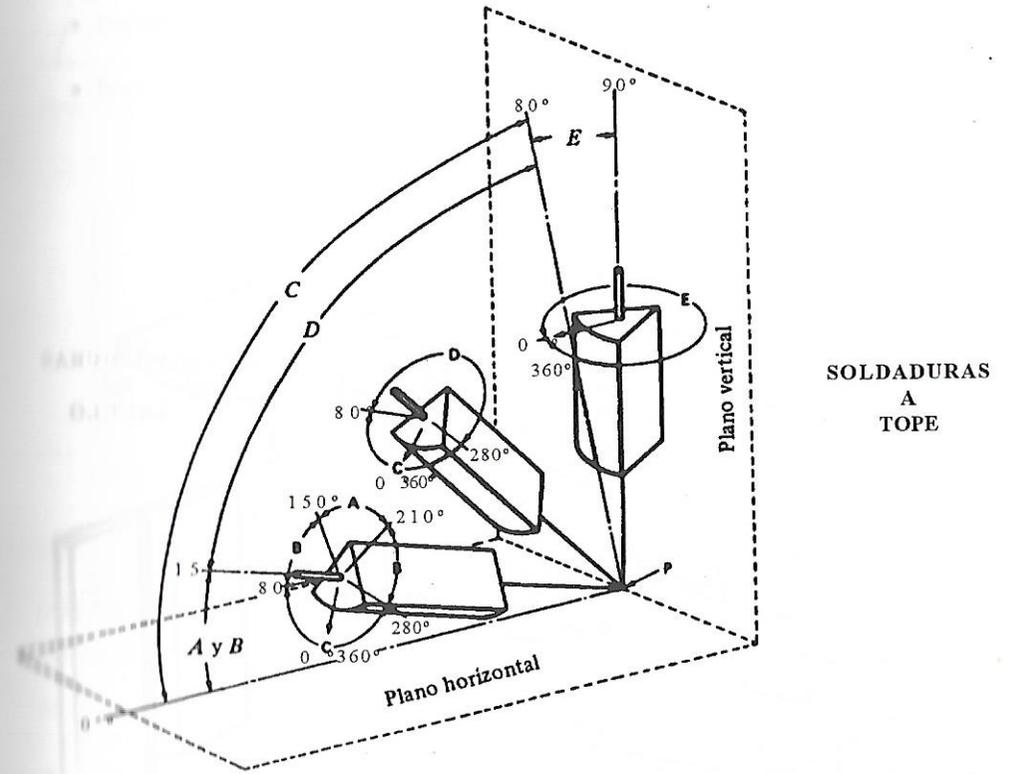
7. POSICIONES DE SOLDEO

En principio, cualquier tipo de junta podrá soldarse en cuatro posiciones diferentes que son:

- Plana o sobremesa.
- Horizontal o cornisa.

- Bajo techo.
- Vertical.

Los límites entre los que debería realizarse una soldadura en una posición determinada quedan reflejados en la figura 24 para las soldaduras a tope y en la 25, para las soldaduras en ángulo o rincón.



Posición	Referencia de diagrama	Inclinación de ejes	Rotación de la cara
Plana	A	0° a 15°	150° a 210°
Horizontal	B	0° a 15°	80° a 150° 210° a 280°
Bajo techo	C	0° a 80°	0° a 80° 280° a 360°
Vertical	D E	15° a 80° 80° a 90°	80° a 280° 0° a 360°

Figura 24