



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

Facultad de Química

**TESIS DONADA POR
D. G. B. - UNAM**

TECNICA Y METALURGIA DEL OXICORTE

**TRABAJO MONOGRAFICO
QUE PARA OBTENER EL TITULO
DE INGENIERO QUIMICO METALURGICO**

PRESENTA:

NORMA PATRICIA PEREZ GARCIA

1983



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

INTRODUCCION

CAP. I CLASIFICACION DE LOS PROCESOS DE OXICORTE

PRINCIPIOS

- 1.1 Manual
- 1.2 Mécanico
- 1.3 Separación Tosca
- 1.4 Alta Velocidad
- 1.5 Alta Calidad
- 1.6 Líneas de Arrastre
- 1.7 Abertura

CAP. II QUIMICA DEL OXICORTE

- 2.1 Reacciones
- 2.2 Gases Combustibles
- 2.3 Efecto de la Pureza del Oxígeno

CAP. III METALURGIA DEL OXICORTE

- 3.1 Influencia de la Naturaleza del Acero
- 3.2 Oxicorte de Fundiciones
- 3.3 Nueva Técnica con Flujo

CAP. IV INFORMACION DE OPERACION

- 4.1 Calidad
 - a) Preparación
 - b) Corte múltiple
 - c) Materiales

4.2 Materiales resistentes a la
Oxidación

a) Métodos de Corte

b) Tipos de Corte

c) Equipo y Máquinas

CAP. V REGLAS BASICAS DE SEGURIDAD

5.1 Protección Personal

5.2 Cilindros

5.3 Mangueras

5.4 Soplete

5.5 Generales

5.6 Ductos

CONCLUSIONES

APENDICE

INTRODUCCION

La idea original del tema a desarrollar en la presente tesis, era sobre las soldaduras, y en mis búsquedas de información un buen día encontré una definición :

"OXICORTE" : Método contrario a la soldadura.

Y ello fué suficiente para llamar mi atención, debido al antecedente de las muy calificadas y motivantes clases del Ingeniero Nadler sobre soldaduras.

El oxicorte, es uno de los procesos térmicos de corte usados para separar o remover metales por medio de la reacción química del oxígeno con el metal base a elevadas temperaturas.

En México y el mundo, el corte térmico es uno de los métodos más usados para cortar metales a pesar de su alto costo, pues llega a alcanzar un 40% del costo por unidad producida.

Con los antecedentes citados, me avoqué a recopilar información, acudí al Centro de Investigación de Materiales y en su biblioteca no se encontró ninguna referencia sobre el oxicorte concretamente; en la biblioteca de la facultad, sólo dos referencias muy pequeñas; en los bancos de información localicé 21 referencias de las cuales sólo 8 eran relacionadas con el tema, la principal dificultad fué el hecho de que todas ellas eran de diferentes idiomas ya que procedían de un banco de información llamado Metadex.

Por último, se citan fuentes directas de la industria nacional.

El objetivo primordial en la realización de la presente tesis, que era el de lograr una monografía de actualización en términos de los últimos adelantos y descubrimientos del oxicorte, resultó difícil debido a la escasa información que se tiene, no sólo en México, sino a nivel mundial.

PRINCIPIOS

El término oxicorte indica la operación de seccionamiento o corte del acero por medio de un soplete alimentado por un gas combustible y oxígeno.

El oxicorte pertenece al grupo de procesos de corte en donde la remoción de los metales se efectúa por medio de una reacción química, la del oxígeno con el metal base a la temperatura de ignición.

En el caso de metales resistentes a la oxidación, la reacción se facilita por el uso de un flujo químico, esto es, un polvo metálico o polvo químico, un agente abrasivo, o una mezcla de ambos.

El primer corte por soplete de oxígeno, parece iniciarse en los E.U. en 1907, causando con ello un profundo cambio en las prácticas industriales, donde se usaba limas de acero. Infinidad de partes en un ancho rango de medidas y grosores, pueden fácilmente ser limados con el oxicorte, que de otra manera se realizan sólo con dificultad. (1).

El proceso de oxicorte se ha adaptado completamente a las superficies a soldar y operaciones mecánicas de unión de todo tipo, y ha resultado ser la más económica construcción, incrementando la producción.

El oxicorte es la técnica que se aplica preferentemente a cualquier metal ferroso debido a su facilidad de reacción entre el hierro en los aceros y una alta corriente de oxígeno puro.

Una pequeña área del metal, debe ser precalentado a la temperatura de ignición * del metal ferroso, inmediatamente segui

da de una corriente de oxígeno puro, la cual es chocada o dirigida hacia el área calentada.

El oxígeno rápidamente oxida el metal en una estrecha sección la cual representa el corte del óxido derretido y el metal, y son removidos por la energía cinética de la corriente de oxígeno.

El proceso de oxicorte, emplea un soplete y una boquilla cuyas funciones son :

- 1o. Mezclar el gas combustible con el oxígeno precalentado en una proporción correcta para producir el calor inicial y continuar el efecto de precalentamiento.
- 2o. Surtir una corriente de alta pureza de oxígeno en la zona de reacción, oxidando y quitando los materiales fundidos.

La unidad del soplete ordinario, permite calentar un punto del acero a la temperatura de corte, es decir, 1200-1300°C,

*

La temperatura de ignición, es la temperatura a la cual el material se encenderá cuando se le aplica una atmósfera de oxígeno de alta pureza.

(1473-1573°K), el calor se conduce a través del material a cortar a una velocidad suficiente para producir una acción continua de corte.

El corte debe ser acompañado de un movimiento, ya sea manual o mecánico. El método manual, depende grandemente de la destreza individual, mientras que en el método mecánico se producen resultados más exactos.

CLASIFICACION DE LOS PROCESOS DE OXICORTE

1.1 Corte manual

En las operaciones manuales de corte, la punta de corte de la boquilla es dirigida de tal manera que la flama de precalentamiento y el chorro de corte caen a través de la línea a desunir o en el área a ser penetrada o se parada. Para una mejor calidad de corte, el operador debe mantener la punta de la boquilla a una distancia de trabajo y mover el soplete hacia adelante, dando el curso deseado sin desviaciones laterales.

En Europa se ha hecho extensivo el uso de una o varias ruedas para soportar la cabeza del soplete, de éste modo el soplete parte libremente a una velocidad regular y suave a través de la línea de corte.

1.2 Corte mecánico

En las máquinas, un tipo diferente de soplete es usado con o sin combinación de partes mecánicas de la máquina reteniendo o permitiendo un fácil ajuste de la boquilla desde la punta con respecto a la distancia de trabajo.

En aquellas partes donde el material a cortar sea irregular, con huecos o protuberancias, el soplete debe ser equipado con un patrón que automáticamente mantenga la punta de la boquilla correctamente sobre la altura de trabajo. Esta especie de plano, puede emplear una sensibilidad y patrón de acción mecánico, eléctrico o neumático.

Un soporte del tipo de ruedas y el patrón usado para mantener una distancia constante entre el trabajo y la punta del soplete se muestra en la Fig. No. 1 :

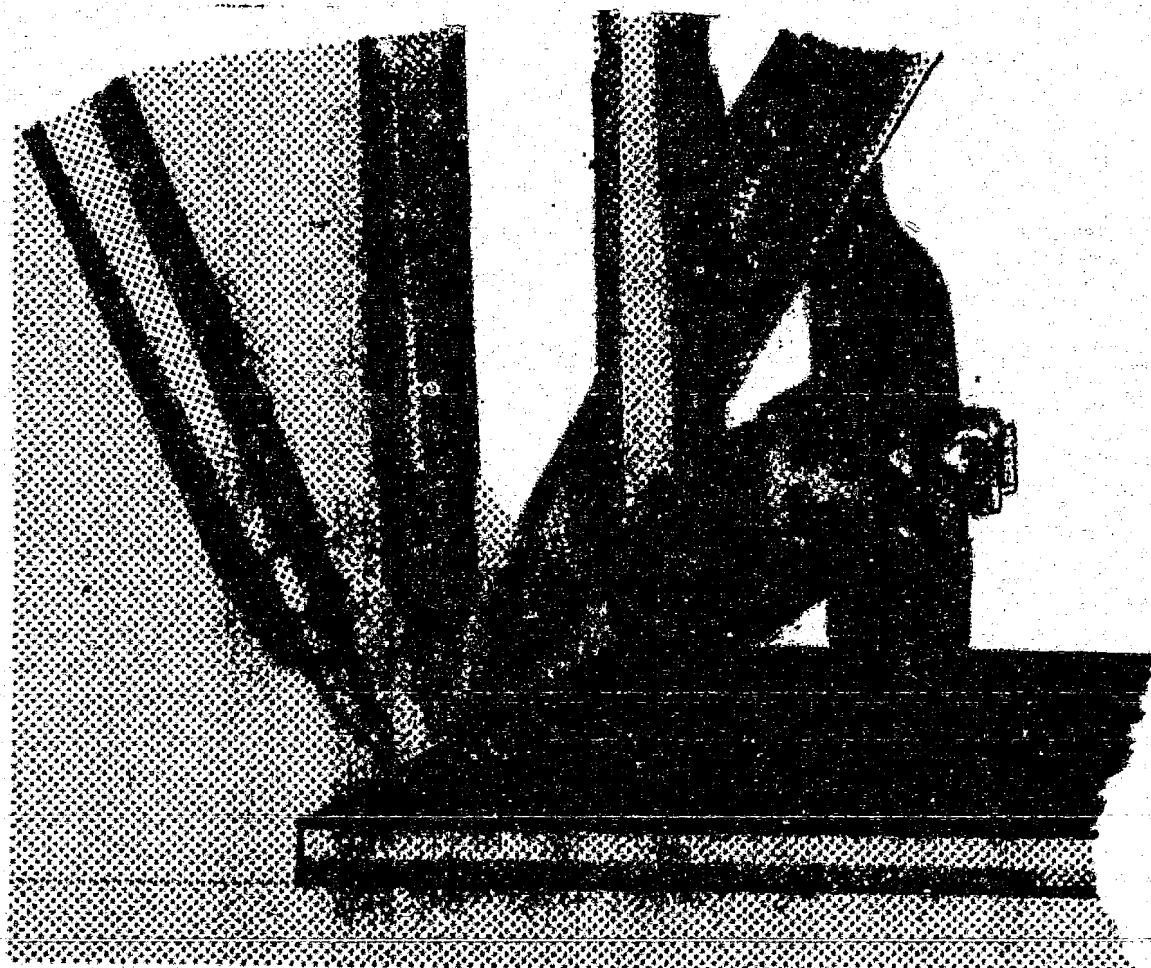


Fig. No. 1 : Soporte del tipo de ruedas.

Las máquinas de pequeño tractor o del tipo de triciclo con el más elaborada perfil de corte, se designan en atención de la trayectoria cruzada existente.

La velocidad de corte puede quedar ajustada a un valor. El mantenimiento para fijar la altura de la boquilla y su velocidad, junto con la propia dimensión de la boquilla y el recomendado precalentamiento del gas, da como resultado la producción de una alta calidad de superficie con buenas cualidades dimensionales. (2)

La máquina del tipo tractor es usada para corte de largos rectos o círculos. Otras máquinas cortadoras incluyen diferentes operaciones como el mellado o apartado de lingotes, tochos o barras redondas ya sea en frío o en caliente; la preparación de bordes de placa para soldar y la pila de corte. La figura de corte estará bien realizada con máquinas más elaboradas que siguiendo algún tipo de modelo respondiendo a señales de patrones como el de las cintas numéricas de control.

1.3 CORTE DE SEPARACION TOSCA

El corte por oxígeno es usado para facilitar el manejo del material en preparación ó fragmentos de desecho por fusión, para remover tuberías de fundición poco accesibles y en todo tipo de demolición.

En estos casos, el objeto más usual, es reducir las dimensiones de las piezas para facilitar su manejo y remover el material innecesario, y en donde la calidad del corte no es importante, pero si su velocidad como factor prioritario.

1.4 CORTE DE ALTA VELOCIDAD

Cuando la velocidad es la consideración prioritaria, y la baja calidad de la superficie del corte es aceptable se usan boquillas cilíndricas de gran calibre.

Estas altas velocidades de corte, producen menos del 10 % de arrastre. Las altas velocidades de corte, están generalmente limitadas a materiales de 6 pulgadas (15.24 cm) o menos de espesor. Una mejor calidad se obtiene al utilizar diversas boquillas.

1.5 CORTE DE ALTA CALIDAD

El corte de alta calidad se usa esencialmente para cuadratura de la superficie de filo, cuadratura de la superficie de corte, cuadratura de la cara con atención a la superficie de fondo, ausencia de escoria tenaz adherida a la superficie, y la producción del goteo de corte.

Estas características son deseables en placas donde el filo es preparado para soldar, para fabricación de cortes para un buen ensamblado o en cualquier otra aplicación que requiera excelentes dimensiones. Una alta calidad de corte se obtiene con otras boquillas cilíndricas de diferentes calibres. En todo caso debe prestarse atención al costo de la boquilla seleccionada, al flujo del chorro de oxígeno, a la velocidad de corte y al tamaño y tipo de la flama de precalentamiento.

Las claras líneas de arrastre son inherentes a la superficie cortada, y no se consideran en detrimento de la calidad.

1.6 LINEAS DE ARRASTRE

Cuando la velocidad con que la boquilla viaja a través del área de trabajo, es tal que, el flujo de oxígeno y el soplete penetren en la abertura a lo largo de el eje de la boquilla, entonces el corte tendrá líneas de arrastre igual a cero, y deberá considerarse como un corte por goteo. Si la velocidad de corte se incrementa o si la cantidad de oxígeno de corte se encuentra por debajo del valor recomendado, la porción del chorro

de oxígeno desde la boquilla de corte, no tendrá suficiente energía para conducir los productos de la reacción que llegan directamente al área de trabajo.

La parte por cortar más distante desde el corte efectuado retardará la porción contigua a la boquilla. El valor de este retardo, medido a lo largo de la línea de corte, es a lo que se refieren las líneas de arrastre. Cuando las líneas de arrastre son grandes, las piezas no se separarán, y el corte será referido a un corte por goteo.

Un incremento en la velocidad, generalmente produce un incremento en el valor de las líneas de arrastre y puede traducirse como un decremento en calidad. Existirá también una gran posibilidad de pérdida de corte por una excesiva velocidad. Una corrección para las líneas de arrastre puede obtenerse con grandes flujos de oxígeno de corte o también disminuyendo la velocidad. En todo caso, sin estas condiciones, resulta generalmente una pobre calidad de corte.

1.7 ABERTURA

La abertura es definida como la rajadura creada por la remoción del material debida a el chorro de corte como el avance a través del material a cortar. El ancho de la abertura es importante por un gran número de razones. Cualquier material que es removido de la abertura, se pierde, el control del ancho de la abertura juega un papel importante en la exactitud con que el material puede ser cortado en sus dimensiones específicas.

Si se mantiene una anchura de corte desde el soplete hasta el sitio de corte, podrá controlarse la cuadratura

del filo de corte. El ancho de la abertura es una función directa del calibre de la boquilla, de la velocidad de corte, de la calidad y presión del gas en la boquilla y del tipo de boquilla usada.

Cuando el grosor del material a cortar se incrementa, será necesario usar grandes flujos de oxígeno, y las puntas de boquilla con largos pasajes de oxígeno de corte en orden de obtener una cantidad suficiente de oxígeno para cortar hasta el final del área de trabajo. El ancho de la abertura podrá por esto incrementarse cuando el grosor del material a cortar se incrementa.

Las velocidades de corte bajas, son recomendadas para mejorar la calidad de corte en aquellas situaciones en que se presentan irregularidades en el ancho de la abertura como en la corriente de oxígeno.

El ancho de la abertura es especialmente importante en el corte de figuras. El desgaste del área del patrón diseñado, deberá ser compensado por el ancho de la abertura.

En general, para materiales arriba de 2 pulgadas (5.08 cm) de grueso, el ancho de la abertura puede mantenerse dentro de $\pm 1/64$ de pulgada (0.004 cm).

QUIMICA DEL OXICORTE

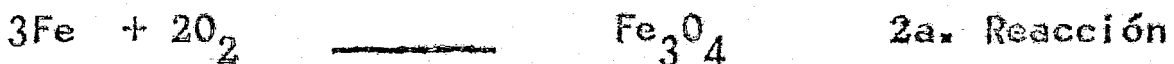
El proceso se basa en la capacidad del oxígeno de alta pureza para combinarse rápidamente con el hierro, al ser calentado hasta la temperatura de ignición. Así cuando el hierro o acero es calentado hasta la temperatura de ignición con oxígeno y éste entra en combinación con oxígeno de alta pureza, el hierro se oxida fácilmente. Efectivamente, un hilo de hierro llevado hasta su temperatura de rojo (900-1000°C) y puesto en presencia del oxígeno puro, arde rápidamente, continuando la combustión por la reacción de oxidación. (3)

2.1 REACCIONES

Las ecuaciones químicas balanceadas para esta reacción son :



$$\Delta H_{\text{formación}} = -63.8 \text{ Kcal.}$$



$$\Delta H_{\text{formación}} = -267 \text{ Kcal.}$$



$$\Delta H_{\text{formación}} = -197.8 \text{ Kcal.}$$

La reacción final ocurre con alguna extensión en operaciones de cortado difícil, con la 1a. y 2a. reacción predominando en condiciones estándar. Estequiométricamente 4.6 ft³ de oxígeno usado es apreciablemente menor en la práctica, esto se debe a que no todo el hierro es completamente oxidado a Fe₃O₄.

Un análisis de la escoria muestra en algunos casos arriba del 30% de hierro sin oxidar. El calor generado por la combustión del hierro a sus óxidos fundidos del hierro adyacente a la superficie de reacción. Aunque éste hierro derretido es arrastrado por el rápido flujo en movimiento del oxígeno y del óxido de hierro, la concurrencia del calor de reacción de oxidación es en la capa de la parte activa frente al corte. Porque ésta oxidación no es un proceso instantáneo, el calor aparece por la oxidación del hierro removido frente a un nivel superior de la abertura y es liberado a un nivel más bajo. Además, es necesario ajustar a un nivel máximo la deficiencia térmica, donde la reacción de oxidación justamente empieza por medio del precalentamiento de las flamas de la boquilla del soplete

Estas flamas arden continuamente, mientras el soplete está en movimiento.

Los elementos aleantes en pequeñas cantidades que lleva el hierro, al producirse la reacción, son oxidados o disueltos en la escoria, sin interferencia marcada con el progreso del corte. En todo caso, cuando los elementos aleantes se presentan en apreciables cantidades, el efecto sobre el proceso de corte debe ser considerado.

En aceros con elementos resistentes a la oxidación por oxicorte, la técnica utilizada es muy diferente a la que se emplea en acero de baja aleación o al carbono.

Ya que el proceso de oxicorte involucra la continua dirección de un chorro de corte, (oxígeno de alta pureza), sobre el área de trabajo del hierro o acero, precalentado hasta la temperatura de ignición, el equipo básico,

combina una flama de precalentamiento y una fuente de oxígeno. Ambos elementos se integran por una combinación de soplete y boquilla, la cual puede conectarse al gas combustible y al oxígeno. Tales combinaciones de boquilla y soplete, son de variados diseños, dependiendo del tipo específico del acabado del corte. Los sopletes de oxígeno son equipados con unidades separadas llamadas puntas de corte o boquillas en que el chorro de oxígeno es circundante, a una distancia idónea por un número de flamas de precalentamiento como muestra la fig. No. 2 ..

Descripción :

- 1.- Superficie base
- 2.- Gatillo
- 3.- Boquilla nuez
- 4.- Boquilla interna
- 5.- Oxígeno de corte
- 6.- Porta flamas de precalentamiento
- 7.- Oxígeno de alta pureza para corte
- 8.- Mezclador de los gases para las flamas de precalentamiento.

Con éste arreglo, el soplete puede ser movido en toda dirección sin pérdida del efecto de las flamas de precalentamiento.

Resulta una distribución uniforme de las flamas de precalentamiento alrededor del flujo de corte lo que estabiliza y asegura una superficie de corte lisa, particularmente cuando la sección de corte es grande.

Las válvulas individuales son generalmente colocadas independientemente de los controles para asegurar el precalen

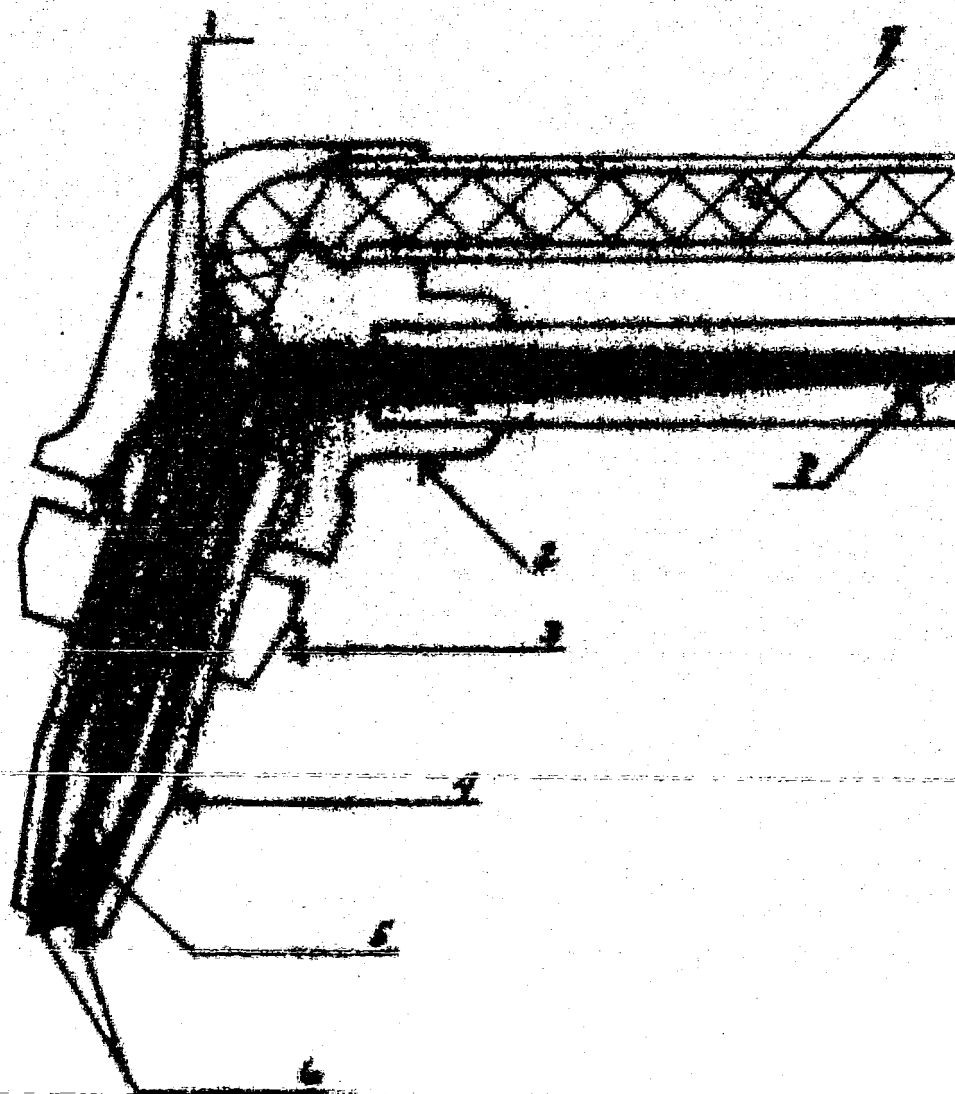


Fig. No. 2 -- Pistole de exporto.

tamiento del gas combustible, del oxígeno para precalentamiento, y del oxígeno usado para el corte.

En todo corte por oxígeno, el precalentamiento de los gases es encendido, ya sea por una chispa o por una flama piloto y las presiones se ajustan para que la flama sea estable, con o sin el flujo de oxígeno.

Las flamas de precalentamiento son entonces dirigidas hacia el sitio donde el corte principiará, permitiéndoles moverse sobre el área hasta que se ponga al rojo vivo, lo cual indica que el metal ha llegado a su temperatura de ignición.

La válvula de oxígeno es después abierta y con las flamas de precalentamiento todavía quemándose a través del soplete, avanzan a una velocidad uniforme, a través de la línea de corte. Cuando el corte es movido uniformemente sobre la pieza de trabajo, el procedimiento debe ser modificado para prevenir que la escoria se adhiera a la boquilla por el flujo lateral inverso de la boquilla. Esto es ejecutado manteniendo la boquilla a un pequeño ángulo y/o moviendo el soplete lentamente en la dirección del corte hasta perforar.

Para la mayoría de los oxígenes, la boquilla es colocada perpendicularmente a la pieza de trabajo a una distancia uniforme de la superficie superior.

Usualmente, esta distancia es determinada por los conos interiores de la flama de precalentamiento.

La colocación de las flamas de precalentamiento con respecto a la abertura tiene un efecto sobre la calidad y debe ser propiamente orientada en la boquilla para cada tipo de

corte.

El soplete avanzará firmemente a una velocidad propia con un leve fluctuar de ser posible.

Si la velocidad de recorrido es muy grande, la escoria y el óxido surgen de el fondo del corte rastreando detrás del ángulo.

Cuando éste es el caso, se presenta un daño inminente para el flujo, repentinamente falta de poder para penetrar en el acero completamente.

El operario, sea que use manual de equipo de máquinas cortadoras o no, debe observar estrechamente la aparición de la escoria del sitio más lejano del corte o del curso natural perseguido por el oxígeno y el flujo de escoria a través del acero, y ajustar la velocidad del viaje adecuadamente. Si el movimiento es demasiado rápido, el corte puede perderse completamente y deberá detenerse. Pero si el movimiento es demasiado lento, se perderá en calidad.

GASES COMBUSTIBLES

Existen un gran número de gases combustibles que pueden usarse en las flamas de precalentamiento para el oxicorte. Para determinar cual usar, se seleccionará de acuerdo a un uso particular, una evaluación deberá realizarse de los diferentes tipos de trabajo propuesto.

Algunos de los factores a considerar deberán ser:

- 1) Diferencias de tiempo cuando se precalienta en cortes de arranque, en filos cuadrados, esquinas redondas y cuando se perforan agujeros para inicio de corte.

- 2) Efectos en la velocidad de corte cuando se realizan líneas rectas,¹ figuras y cortes sesgados.
Debe considerarse el volumen de cada uno de los tipos de operación.
- 3) El trabajo producido por los incisos anteriores,¹ así como el oxígeno de corte, más el calor de consumo.
- 4) El costo del gas combustible en cilindro al por mayor y en tubería.
- 5) El costo del precalentamiento del oxígeno requerido para quemar el gas combustible eficientemente.
- 6) La habilidad para usar el gas combustible eficientemente en operaciones semejantes al ensamblado,³ acanalado, soldado y calentado.
- 7) Facilidad de manejo y eficacia de los recipientes de gas combustible,¹ cuando la movilidad de operación lo requiere.

Para mejores resultados,¹ es esencial que los sopletes y boquillas empleadas sean designadas de acuerdo al gas com bustible particularmente usado.

Las funciones de las flamas de precalentamiento en las operaciones de corte son tres :

- 1) Aumentar la temperatura del acero hasta el punto de ignición, para iniciar y continuar la reacción de corte.
- 2) Condicionar el flujo de oxicorte : Esto es que las flamas proveen un escudo protector entre el flujo de oxicorte y la atmósfera. Las flamas también proveen una transferencia de energía calorífica para el flujo de oxígeno al ayudar a propagar la acción de corte, particularmente en bajos espesores de corte.
- 3) Desalojar el óxido, descortezar la pintura o cualquier otra sustancia extraña sobre la superficie del acero, que puede detener o retardar el avance progresivo de la acción de corte.

Un precalentamiento intenso semejante es suficiente para elevar rápidamente el acero a la temperatura de ignición, debiéndose adecuar para lograr una rápida y gran economía de corte. En todo caso, una alta calidad económica de corte puede también conducirnos a considerables bajas intensidades de precalentamiento, que las normalmente requeridas para un rápido inicio.

En éste caso posterior, deberán usarse recursos auxiliares de modo que una alta intensidad de precalentamiento se em-

plee para iniciar la operación y las flamas se reduzcan para la baja intensidad de precalentamiento para la operación de corte. Los gases combustibles más comúnmente usados en el oxicorte, son : acetileno, gas natural y propano.

ACETILENO

Es extensamente usado como gas combustible en el proceso de oxicorte. Las principales características que lo avalan son principalmente : Su alta temperatura de flama, la familiaridad general con sus propiedades, junto con el oxígeno alcanza temperaturas de 3500°C. La alta temperatura de flama y su transferencia de calor son particularmente importantes para el corte de ángulos al sesgo (achaflanado) y cuando el tiempo de inicio (para cortes pequeños) es una apreciable fracción del tiempo total de corte.

GAS NATURAL

El bajo costo y utilidad del gas natural en áreas industriales lo hacen un provechoso combustible para las flamas de precalentamiento en soplete de corte. Estas características de gas combustible en operaciones de oxicorte hacen que guste más que el propano. Las mismas puntas de corte son generalmente usadas para ambos gases. La mejor operación requiere de 1 3/4 a 2 volúmenes de gas natural por un volumen de oxígeno precalentado.

PROPANO

Este gas es usado regularmente en operaciones de corte en gran número de plantas porque su utilidad, bajo costo y facilidad de uso. También por convenir su combustión durante el corte, se requiere de 4 a 4½ veces el volumen de oxígeno

precalentado. Cuando los costos del oxígeno son altos, el uso del propano como combustible deriva en beneficios económicos.

OTROS GASES COMBUSTIBLES

Incluyen gases semejantes a los de ciudad (manufacturados), gases de hornos de coque y alto horno, donde es ventajoso el bajo costo y hacen posible algún otro proceso. El bajo valor de calor que proporciona la temperatura de la flama las bajas presiones que usualmente resultan en comparación con los otros gases combustibles, lo hacen poco usuales. El hidrógeno es usado en áreas en donde existen ventajas útiles en un bajo costo por producto. Puede emplearse casi exclusivamente para corte bajo agua, ya que puede reducir las altas presiones y regularlas para vencer la presión ejercida por el agua en operaciones de profundidad. El gas natural puede ser igualmente comprimido y en ocasiones reemplaza al hidrógeno en operaciones también de gran profundidad.

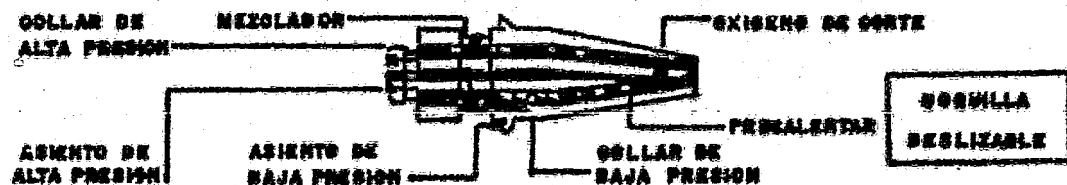
Un gran número de gases manufacturados o compuestos específicamente para el oxicorte son empleados.

Estos compuestos incluyen propano inoculado, metil-acetileno estabilizado y otros. Debe pretenderse el que estos gases mejoren su estabilidad de flama, su temperatura de flama, y su baja temperatura de ignición. En la tabla No. 1 se dan las presiones y consumos para el oxicorte en función del espesor de la pieza.

2.3 EFECTO DE LA PUREZA DEL OXIGENO

El oxígeno usado en las operaciones de corte, debe tener una pureza del 99.7%, un decremento en su pureza, reduce la eficiencia de la operación de oxicorte. Una reducción del orden del 1%, nos dará como resultado un 25% menos en la velocidad de corte, y un incremento de alrededor del 25% en el consumo de oxígeno. La calidad de corte empeorará y la cantidad y tenacidad de la escoria adherida se incrementará. Con pureza de oxígeno por debajo del 95%, la familiar operación de corte desaparece, y es reemplazada por un fundido y acción de lavado, lo cual no es aceptable en operaciones comerciales. Esto es bien conocido, ya que estos cambios se deben a la naturaleza química del oxicorte, aunque las relaciones precisas de la pureza del oxígeno y las velocidades de corte, por ejemplo, no coinciden con lo arriba expuesto, como se aprecia en la siguiente Tabla No. 1. (3)

TABLA DE PRESIONES Y CONSUMOS PARA CORTAR



| ESPESOR DEL METAL | | TAMAÑO DE LA BOQUILLA | PRESION | | CONSUMO | | BROCAS LIMPIADORAS | |
|-------------------|------------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------|------------------|
| MILIMETROS | PULGADAS | | OXIGENO KGS CM ² | ACETILENO KGS CM ² | OXIGENO M ³ H | ACETILENO M ³ H | ORIFICIO CENTRAL | ORIFICIO LATERAL |
| 3.18mm. | 1/8" | 000 | 1.4 | 0.21 | 0.71 | 0.185 | 72 | 75 |
| 4.76" | 3/16" | 00 | 1.4 | 0.21 | 0.85 | 0.185 | 68 | 75 |
| DE 6.3 A 9.5 | DE 1/4" A 3/8" | 0 | DE 2.1 A 2.45 | 0.25 | DE 1.41 A 1.70 | 0.200 | 62 | 74 |
| DE 12.7 A 15.9 | DE 1/2" A 5/8" | 1 | DE 2.45 A 2.8 | 0.28 | DE 2.40 A 2.70 | 0.27 | 56 | 71 |
| DE 19.0 A 21.8 | DE 3/4" A 1 1/4" | 2 | DE 2.82 A 3.57 | 0.28 | DE 3.40 A 4.25 | 0.30 | 54 | 70 |
| DE 28.1 A 50.8 | DE 1 1/2" A 2" | 3 | DE 2.84 A 3.29 | 0.35 | DE 5.25 A 5.50 | 0.34 | 51 | 68 |
| DE 53.5 A 101.6 | DE 2 1/2" A 4" | 4 | DE 2.86 A 3.78 | 0.35 | DE 7.20 A 8.55 | 0.37 | 45 | 62 |
| DE 127.0 A 203.5 | DE 5" A 8" | 5 | DE 3.92 A 3.45 | 0.42 | DE 12.70 A 18.40 | 0.71 | 41 | 50 |

CAP. III METALURGIA DEL OXICORTE

En las operaciones de oxicorte, como para la soldadura las modificaciones fisico-químicas están ligadas a los dos factores siguientes :

1o. El ciclo térmico impuesto por el procedimiento de corte (ya sea manual o con máquina).

2o. La naturaleza del acero a cortar.

Las modificaciones estructurales que resultan del corte de los aceros con soplete, se basa fundamentalmente en los dos factores anteriores.

Ciclo Térmico del Oxicorte.- La curva I del diagrama de la Fig. No. 3 , representa el ciclo de enfriamiento de las chapas en función de la distancia "x" al eje de corte para un espesor de 12 mm ($\frac{1}{2}$ pulgada), y a título comparativo se encuentran reproducidos, sobre el mismo diagrama, los ciclos térmicos de la soldadura por arco (curva II), y la oxiacetilénica (curva III), obtenidas en las mismas condiciones.

Si se hace variar el espesor es evidente que las curvas térmicas se desplazan, distanciándose de los ejes temperatura-distancia, cuando el espesor de la chapa aumenta, lo cual puede apreciarse en la Fig. No. 4 .

Del diagrama de las curvas térmicas, se desprenden conclusiones importantes :

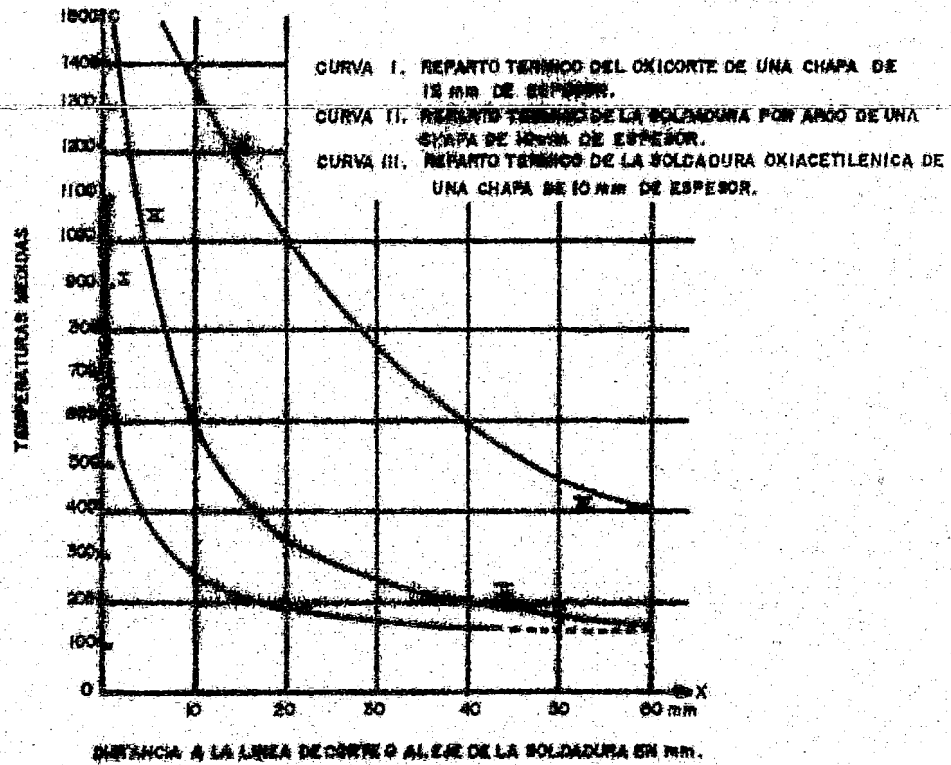


Fig. No. 3 . Ciclo de enfriamiento de las chapas de $\frac{1}{2}$ pulgada (12 mm), ciclos de enfriamiento de la soldadura por arco y la oxiacetilenica. (Curvas I, II y III, -- respectivamente). (3)

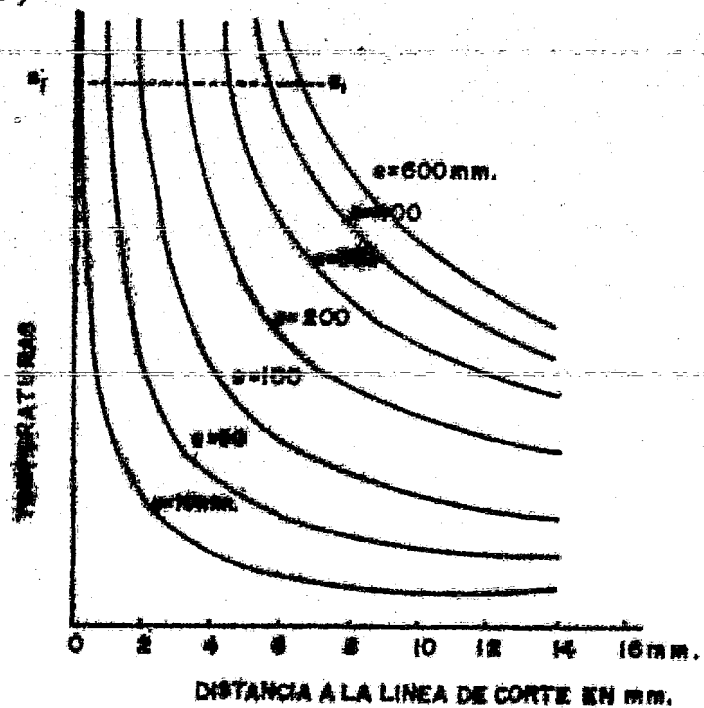


Fig. No. 4 . Curvas térmicas en función de la distancia. (3)

- a) El reparto térmico es mucho más concentrado para el oxicorte, que para la soldadura por arco y por tanto, para la soldadura oxiacetilénica.
- b) Los gradientes de temperatura $\frac{dq}{dx}$, son mayores para el oxicorte que para los procedimientos de soldadura.

Por otra parte, las curvas de enfriamiento en función del tiempo, muestran que la velocidad de enfriamiento - $\frac{dq}{dt}$ es mucho mayor para la operación de oxicorte, que para la soldadura. Desde el punto de vista de las transformaciones estructurales, estas conclusiones originan las siguientes consecuencias :

- 1o. Las zonas de transformación en el metal base se extienden mucho menos en el oxicorte que en los procesos de soldadura.

Así, para un espesor a cortar o soldar de alrededor de $\frac{1}{2}$ pulgada (12 mm), la profundidad de la transformación en el oxicorte no sobrepasa las 5/10 de mm; esta transformación puede ser de 4-5 mm (0.16 - 0.2 pulg) en la soldadura por arco y de 15-20 mm (0.6-0.9 pulg), para la soldadura por soplete, a cada lado del eje de la soldadura.

- 2o. Las grandes velocidades de enfriamiento favorecen el temple del acero, por lo tanto, hay que esperar la obtención de estados más templados en el oxicorte que en los procesos de

soldadura,³ siempre que se trate del mismo acero.

3o. Los elevados gradientes de temperatura deberían favorecer la formación de tensio--nes internas,³ pero el seccionamiento libera gran parte de las tensiones.

3.2 INFLUENCIA DEL CICLO TERMICO SOBRE LA PROFUNDIDAD DE LA ZONA DE TRANSFORMACION

Como se sabe,⁴ la profundidad depende del ciclo térmico de la operación de corte.⁴ Para determinar la importancia de esta zona, bastará con considerar los factores que actúan sobre el reparto térmico en el oxicorte.

Las experiencias demuestran que los factores que intervienen en orden de importancia son :

- el espesor a cortar,³ como factor principal
- la naturaleza del acero,³ definida por su composición química
- el procedimiento de corte,³ manual o a máquina
- el tiempo de precalentamiento y la veloci

dad de corte, factor que depende de la naturaleza de la llama de calefacción, de la pureza del oxígeno, etc.

- la conductibilidad del acero; éste factor va ría muy poco para los aceros ordinarios de construcción.

Las experiencias de oxicorte realizadas sobre aceros de la misma naturaleza, haciendo variar solamente el espesor de la chapa, conducen al trazado de la familia de curvas térmicas representadas en la Fig. No. 4 .

En la Fig. No. 5, se muestran los valores deducidos para la profundidad de las transformaciones en función del espesor a cortar. Es necesario señalar que el espesor de la chapa cortada por oxicorte, puede presentar diversos tipos de transformaciones, correspondientes a los puntos críticos A_3 y A_1 ; sería útil, sobre todo para los aceros especiales, ya que separa las zonas de temple e hiper temple. Las transformaciones que se acaban de considerar corresponden a la transformación total a partir de la tem peratura crítica A_1 ; es decir a los 720°C (993°K).

Los exámenes micrográficos, muestran una separación completa de las estructuras en una profundidad de transformación de $11/10$ de mm (0.05 pulg) para el acero dulce de 0.15% de carbono, el cual presenta al principio una es tructura perlítica grosera en una profundidad de $5/10$ de mm (0.02 pulg) , y después una coalescencia de la perlita sobre un fondo de ferrita de granos normales.

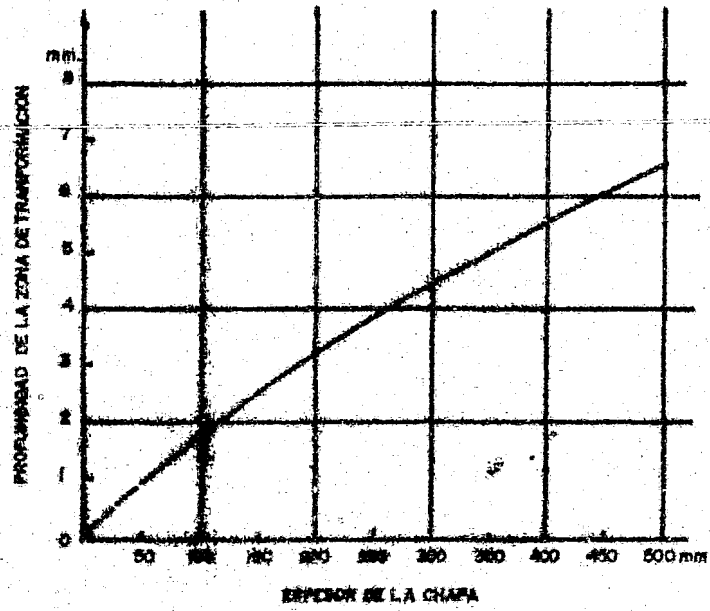


Fig. No. 5 . Transformaciones en función del espesor a cortar. Valores deducidos para la profundidad. (3)

3.3 INFLUENCIA DE LA NATURALEZA DEL ACERO

La composición química elemental del acero, puede presentar dos influencias preponderantes :

- 1o. Influencia sobre la estructura, actuando - sobre el grado de temple en aceros
- 2o. Influencia sobre las reacciones de oxidación, originando un retraso en la velocidad de ejecución de los cortes, velocidad que puede anularse; es decir, imposibilidad total de realizar cortes con soplete.

1o.-Es fácil prever que los elementos tales como el carbno, manganeso y níquel, que aumentan el grado de temple del acero, van a dar, según su concentración y las condiciones térmicas impuestas por la operación de oxicorte, - zonas de hipertemple (austenita), de temple (martensita), estructuras intermedias bainíticas ó revenido (troostita, sorbita).

Para prevenir la naturaleza de estas estructuras, habría que asociar a las nuevas curvas térmicas de oxicorte, las curvas características de temple.

Considerando el caso del carbono, que presenta en los aceros ordinarios, un estado de agregado laminar (perlita). Para el acero con 0.05 % de carbono (Fig. No. 7), no se observa modificación alguna de la estructura, excepto una ligera variación en la dimensión de los granos, justo en-

el borde de la superficie de corte, seguido de un afinado del grano y después un ligero recalentamiento del metal.

En esta micrografía puede observarse, un poco más allá de la cara cortada, que únicamente aparecen granos poliédricos de ferrita; pero, hacia la línea de corte puede verse como la perlita se ha desprendido de la solución ocupando las juntas de los granos de ferrita, por tanto, ha habido un enriquecimiento en carbono.

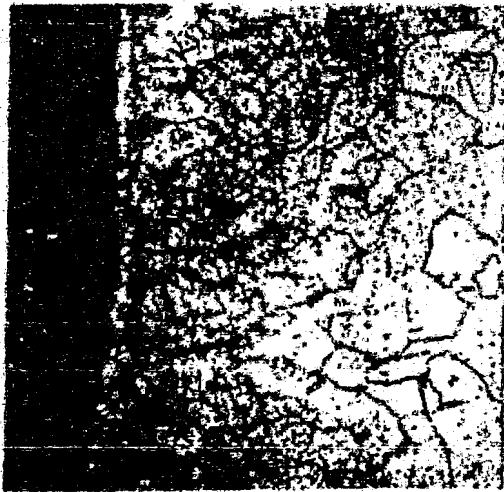


Fig. No. 6 .Borde del oxide corte en un acero con 0.05 % de carbono. Enriquecimiento en C sobre el borde - seccionado por oxide corte -- con afinado del grano de ferrita. (100X). (1)

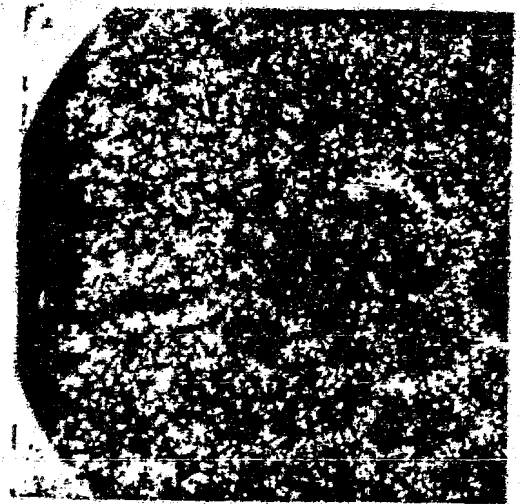


Fig. No. 7 .Borde del oxide corte de un acero de 0.42 % de C. Ligera descaburización en la superficie y transformación troostítica a partir de los 2/10 de mm (0.007 pulg) de borde. (100X). (1)

Este enriquecimiento, debe haber sido provocado por una variación en la composición química en esta parte, por pérdida de hierro. Este fenómeno no es general, sino que por el contrario, en el caso de los aceros ricos en carbono

no, existe descarburación bajo la acción del chorro de oxígeno.

En el caso de los aceros con 0.13 % de carbono, en la línea de corte, la estructura es sorbítica; alejándonos de esta zona, tenemos perlita más o menos coalescente sobre un fondo de ferrita fina.

Esta modificación conduce a un aumento de la dureza sobre el borde de cortado.

Para el acero con 0.42 % de C. (Mn=0.75 %), Fig. No. 7, puede observarse una ligera descarburación sobre el borde con una profundidad de 2/10 de mm; después una zona troostítico-sorbítica.

Con estos ejemplos se trata de demostrar que el aumento en el contenido de carbono (el cual aumenta el grado de temple del acero), conduce a la obtención de estructuras cada vez más transformadas; a partir de 0.25 % de C aparece la sorbita, después la troostita para las concentraciones del orden de 0.40 % y, por último, las estructuras intermedias o bainíticas, cuando las concentraciones son del orden del 0.50 % de C.

El aumento de espesor de la chapa, modifica, por una parte, la profundidad de la zona afectada y, por otra, la naturaleza de las estructuras, sobre todo en el caso de elevadas concentraciones de carbono.

20. Influencia en los elementos del acero sobre las reacciones de oxidación. Los elementos especiales que entran en la composición de los aceros, susceptibles de actuar sobre las reacciones de oxidación y modificar con ello, las condiciones de corte.

Los elementos pueden intervenir de diversas formas :

- a) Actuando sobre el óxido de hierro formado - con absorción de calorías; por ejemplo, el óxido de hierro en presencia de carbono del acero, dá la reacción de equilibrio :



Puede deducirse que el aumento de carbono en el acero, debe disminuir la velocidad de corte.

- b) Provocando reacciones secundarias; por ejemplo, la reacción del manganeso con el carbono es exotérmica y, por tanto, el manganeso debe favorecer la operación de oxicorte.

La naturaleza química del elemento , tiene así mismo una gran influencia. En general, el elemento en unión química tiene poca influencia, pero por el contrario en estado libre actúa desfavorablemente, retrasa el corte y, a menudo, convierte la operación en impracticable.

Así, el carbono en estado perlítico no ofrece dificultades para el oxicorte, pero en estado libre, bajo la forma de carbono grafitico, obstruye considerablemente, hasta el punto de hacer imposible el corte normal de las fundiciones grises.

Un elemento puede actuar indirectamente facilitando ó retrasando el corte.

Así, el silicio, que tiende a precipitar el carbono al estado grafitico, es un elemento obstructivo; lo cual es contrario al efecto que presenta el manganeso, que facilita la disolución del carbono y es un elemento favorable. Los aceros con un 4 % de silicio, se cortan con gran dificultad.

En la Tabla No. 2, se resume la influencia de los principales elementos que entran en la composición de los aceros especiales sobre la operación de corte.

3.2 OXICORTE DE LAS FUNDICIONES

De la tabla precedente, parece desprenderse que las fundiciones grises o blancas no pueden cortarse como el acero. Si éstas fundiciones contienen más del 1.85 por ciento de carbono, es posible cortarlas mediante procedimientos especiales. Este procedimiento particular, hace intervenir el precalentamiento del oxígeno para cebar y facilitar los cortes.

Se han concebido sopletes especiales, los cuales llevan un dispositivo que permite al oxígeno de corte arrastrar una pequeña cantidad de acetileno que, ardiendo desde el momento en que sale de la boquilla, calienta instantáneamente el chorro de corte.

El oxicorte bajo flujo es el procedimiento más racional para el corte de fundiciones.

| Elementos | Influencia sobre la operación de corte |
|-----------------------------------|--|
| <i>Carbono</i> (perlita) | Sin influencia para los aceros hipoeutectoides $C < 0,90 \%$. $C > 0,90 \%$, más difícil de cortar, calentamiento más intenso. $C < 1,85 \%$, indispensable el precalentamiento de la pieza. |
| <i>Carbono libre</i> (grafito) | Hace el corte imposible a causa de la oxidación del C que forma CO y de la reacción endotérmica de desoxidación del hierro: $FeO + C \rightarrow Fe + CO - 36\ 000 \text{ cal.}$ |
| <i>Manganeso</i> | Elemento que facilita el corte, aumenta el poder de temple del acero. Aceros perlíticos $Mn < 6 \%$, muy fácil de cortar. Aceros austeníticos $Mn > 12 \%$, $C > 1 \%$, se cortan fácilmente. Doble acción favorable: tiende a disolver el carburo; reacción exotérmica para la formación de Mn C. |
| <i>Silicio</i> | Elemento que dificulta el corte. Hasta $0,50 \%$, sin influencia. Hasta 2% , precalentamiento. Acero con 4% : grafito, imposibilidad de corte. |
| <i>Fósforo</i> | Sin influencia hasta contenidos muy elevados, 1 a 2% . |
| <i>Azufre</i> | Sin influencia. |
| <i>Níquel</i> | Aceros perlíticos, $Ni < 15 \%$, se cortan fácilmente. Aceros austeníticos, $Ni > 30 \%$, dificultad de corte con el aumento de la concentración en carbono. $Ni \dots 35 \%$, incluso con pequeño contenido en carbono, no pueden cortarse. |
| <i>Cromo</i> | Dificulta considerablemente el corte, formación de óxido de cromo Cr_2O_3 , muy estable; $Cr < 2 \%$, no dificulta. $2 \% < Cr < 5 \%$, calentamiento más intenso, si el contenido en Cr crece es preciso precalentar la pieza. $Cr > 13 \%$, aceros austeníticos, no pueden cortarse. Los aceros inoxidable austeníticos Cr-Ni (18% Cr- 8% Ni) no pueden cortarse. |
| <i>Molibdeno</i> | Elemento que dificulta considerablemente el corte. $Mo < 2 \%$, sin influencia, aceros que se cortan fácilmente. $Mo > 5 \%$, gran dificultad de corte. El acero $C = 1 \%$, $Cr = 1,40 \%$, $W = 8 \%$, se corta. El acero $C = 1 \%$, $Cr = 1,40 \%$, $W = 8 \%$, $Mo = 5,50 \%$, no se puede cortar. |
| <i>Aluminio</i> | $Al < 10 \%$, los aceros perlíticos se cortan fácilmente. La presencia de otros elementos Cr, Mo, disminuyen este límite. |
| <i>Tungsteno</i> | $W < 10 \%$, estos aceros se cortan fácilmente incluso en presencia de Cr. $W > 15 \%$, no se pueden cortar. |
| <i>Vanadio</i> | Elemento que dificulta el corte, como el molibdeno. |
| <i>Cobre</i> | Elemento indiferente hasta el límite de disolución. Aceros semi-inoxidables con $0,40 \%$ de Cu, fáciles de cortar. |

Tabla No. 2 Influencia de los principales elementos aleantes sobre la operación de oxicorte. (1)

3.3 NUEVA TECNICA DE OXICORTE CON FLUJO

En el procedimiento de oxicorte clásico, con la llama rodeada de una funda de oxígeno, se aplica al acero ordinario y a algunos aceros especiales débilmente aleados. Este método no es aplicable a numerosos aceros especiales, como los aceros al cromo, los inoxidables, las fundiciones y, en general, a todos aquellos metales que no den un óxido cuyo punto de fusión sea inferior al del propio metal, como en el caso del cobre, el aluminio y, en general, los metales no-ferrosos.

El nuevo procedimiento que acaba de imponerse en América para el oxicorte de los aceros especiales, de las fundiciones y de los metales no-ferrosos, se basa en el empleo de un flujo proyectado por el oxígeno de corte pudiendo a la vez jugar el papel de oxidante, fundente y abrasivo.

El principio consiste en arrastrar, con el oxígeno de corte, un polvo muy fino el cual jugará los papeles antes indicados.

El soplete de distinta concepción, según la naturaleza del flujo, es en general de tipo oxicorte, es decir, llevando por separado la llama de calefacción y el oxígeno de corte.

El flujo, colocado en un recipiente, se mantiene en suspensión por vibración, arrastrando el oxígeno de corte una cantidad definida de polvo que dependerá de la naturaleza del metal y del espesor a cortar.

La siguiente Fig. No. 8, representa un esquema de la instalación de una unidad de oxicorte con flujo.

En la técnica con flujo, se tiene un recipiente a el-
cual contiene el flujo, que va provisto de un sistema-
electro-magnético con el fin de poner en suspensión el
polvo de corte; una válvula dosificadora regula la can-
tidad de polvo a arrastrar.

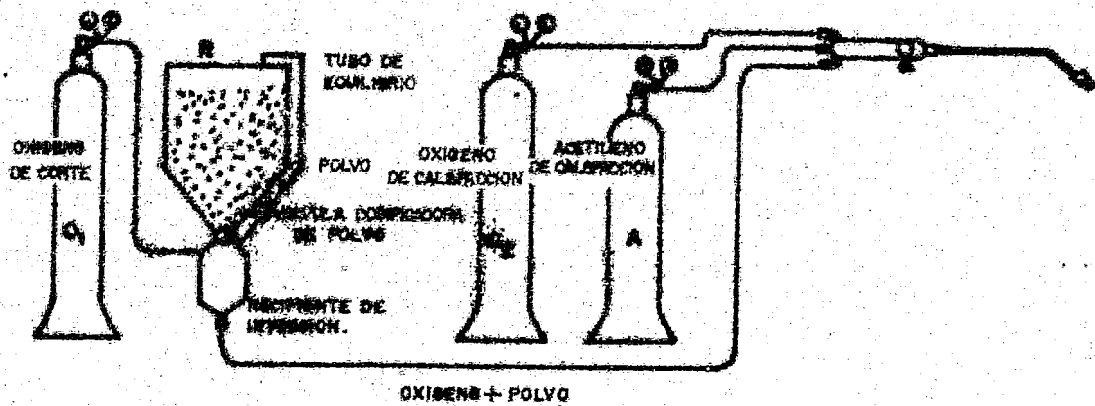


Fig. No. 8 Instalación para el oxicorte con flujo. (2)

El oxígeno en la botella O_1 , penetra en el recipiente de inyección colocado en la parte inferior de la válvula dosificadora y sale de él arrastrando el flujo. La llama de calefacción se obtiene, como para el oxicorte clásico, por la combustión del acetileno que proviene de la botella A y del oxígeno de calefacción de la botella O_2 independientemente de la O_1 . En cuanto a los sopletes, difieren respecto a los clásicos y, en particular, están concebidos de distinta forma, según que estén destinados al corte manual o al corte con máquina. Para el oxicorte, pueden utilizarse polvos metálicos o no metálicos.

En el caso de los aceros inoxidables, el efecto del flujo se explica por la formación de compuestos de óxidos-complejos de cromo y hierro, cuyo punto de fusión disminuye por la presencia de dicho flujo; además, el chorro violento del polvo juega un papel de abrasivo, como el chorro de arena que se aplica con tales fines.

Existen dos tipos de polvos a utilizar :

1o.-Los polvos no metálicos (Método Air Reduction)

Están constituidos por mezclas de carbonatos, sílice, etc. Se utilizan para el oxicorte de los aceros inoxidables al cromo (13 % de Cr)-o al cromo-níquel (18/8), y para los aceros ferríticos al cromo hasta un 22 %.

También se utilizan en el oxicorte de paquetes de chapas en acero dulce, con un límite de 20 chapas de 2-3 mm (0.08-0.11 pulg), de espesor. Ver Diagramas Nos.1,2

2o.-Los polvos metálicos (Procedimiento Linde)

Están constituidos principalmente por polvos muy finos de hierro; el óxido de hierro formado en el momento del corte, juega a la vez el papel de fundente, por su reacción exotérmica y de abrasivo.

En éste caso, existe a menudo pegadura de óxido contra la cara del corte, la cual puede eliminarse fácilmente por procedimiento mecánico.

Por éste método pueden cortarse los aceros inoxidables al cromo ó al cromo-níquel, los aceros Ferríticos al cromo, las aleaciones Monel, las fundiciones y los meta

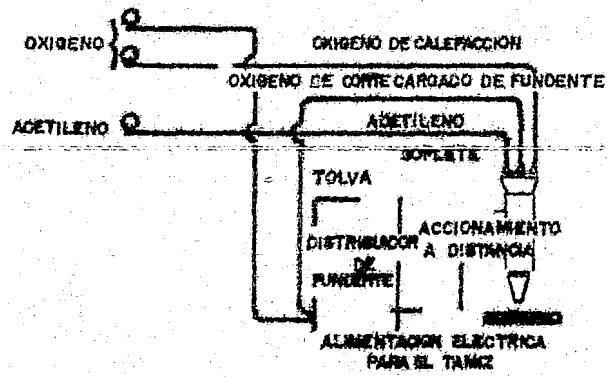


DIAGRAMA DE UN SOPLETE DE CORTE,
CON POLVOS NO METALICOS

Diagrama No. 1 Método Air Reduction. (3)

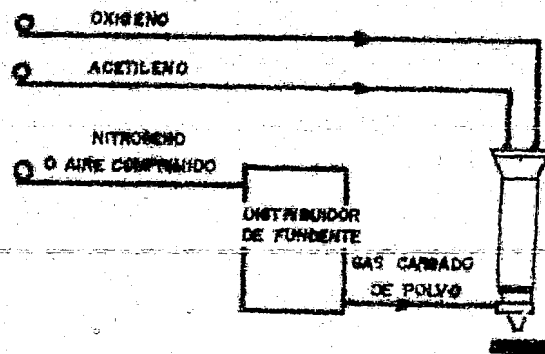


DIAGRAMA DE UN SOPLETE DE CORTE,
CON POLVOS METALICOS.

Diagrama No. 2 Procedimiento Linde. (3)

les no-ferrosos. Las velocidades de corte para el -- acero inoxidable son del orden de los 12 m/h (472.8 - pulg/h), para la chapa de 25 mm (0.98 pulg) y de 5-6 m/h (197-206 pulg/h), para la chapa de 100 mm (4 pulg) de espesor.

Asimismo, es posible realizar en buenas condiciones - el rebaje de material, para la eliminación de grietas en los lingotes. La influencia de los factores prácticos que intervienen en el corte, en resumen son :

- a) Presión del oxígeno de corte. (Ver Fig.- No. 9). La velocidad de corte pasa por un máximo a la presión de 6 Kg/cm^2 , -- (85.32 lb/pulg^2), y después decrece.

Esta anomalía se debe posiblemente a la disminución - de la influencia del polvo, muy disperso, cuando la - presión aumenta por encima de cierto límite.

- b) La distancia de la boquilla a la pieza. Existe una distancia mínima que es función de la presión del oxígeno de corte por encima de ella, los cortes son me-- nos definidos y hasta difícilmente realizables.

- c) Caudal de Flujo. El caudal de flujo, es decir, la cantidad de flujo necesario, -- no debe sobrepasar un cierto valor máxi-- mo, ni ser inferior a una cierta cantidad dada, que varía con el espesor y la naturaleza del flujo; además, es indis-

pensable que el caudal permanezca constante durante toda la operación.

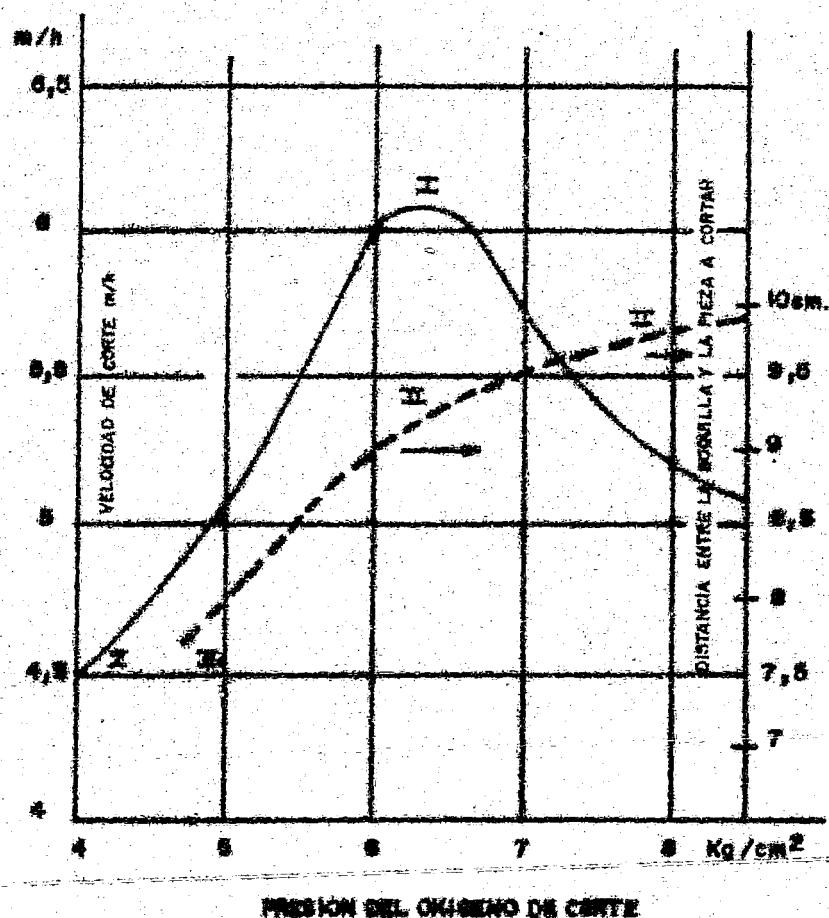


Fig. No. 9 . Influencia de la velocidad de corte (curva I) y distancia pieza-boquilla (curva II), en función de la presión del oxígeno de corte, $y=f(x)$. (3)

4.1 CALIDAD

En la producción de componentes por oxicorte, la calidad depende de cuatro factores: (1) Metalúrgico, (2) Físico, (3) Dimensional, (4) Acabado superficial (asperza). Los dos primeros ya han sido explicados previamente, y los valores referidos han sido establecidos y estandarizados.

Esto es también cierto para la tercera categoría, pero no es el caso de la cuarta.

Partes idénticas en tamaño, dureza y análisis, pueden diferir considerablemente en la calidad de sus superficies. En todo caso, la calidad de la superficie puede adecuarse para el correcto funcionamiento de las partes en el intento de servicio.

La aceptabilidad de una calidad, depende de los requerimientos de trabajo. En el corte para operaciones de desecho, el sólo criterio, es que las partes del material no requieran consideración por poseer superficie rugosa.

Cuando el material presenta una gran resistencia al corte, y se va a utilizar en condiciones de esfuerzo, la superficie áspera y la tolerancia dimensional son consideradas de extrema importancia.

En algunas de las posteriores aplicaciones, la superficie de corte puede ser subsecuentemente pulida y las esquinas redondeadas.

Finalmente, el resultado del corte puede satisfacer -- tal condición. Esto otra vez dependerá del trabajo. Los fragmentos de corte, no deberán considerarse, mientras más producción de trabajo se tenga, serán más pequeños ó no establecerán adherencias.

Las líneas de arrastre, (también llamadas líneas de -- desplazamiento del corte), son inherentes al oxiacorte, y van marcando la línea en la cara del corte. La Fig. siguiente, nos muestra las típicas líneas de arrastre:



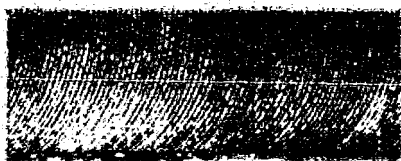
CORTE PERFECTO

Se obtiene una superficie pareja con pequeños surcos. Esta superficie puede ser usada en varias aplicaciones sin rectificarse.



DEMASIADO LENTO

Se produce unas marcas que indican demasiada presión del oxígeno para la aplicación.



DEMASIADO RAPIDO

No se deja el tiempo necesario para que la rebaba se separe del corte. La superficie aparece algo concava.



MUCHO PRECALENTAMIENTO

Los bordes superiores redondos son ocasionados por una llama muy caliente. El exceso de calor no incrementa la velocidad del corte. Solo es un desperdicio.

Fig. NO. 10 . Líneas de arrastre típicas en piezas de 25.4 mm (Una pulg). (Cortesía de "Harri's")

La cantidad de líneas de arrastre no es usualmente un criterio en superficies ásperas. En todo caso, también la longitud de las líneas de arrastre pueden resultar en una esquina no completamente separada al terminar el corte. Cuando toda otra condición sea correcta

Las líneas de arrastre estarán en la superficie áspera.

Las líneas de corte son también un indicador de las condiciones usadas al hacer el corte.

Las superficies ásperas, de un oxicorte, en un grosor y tipo de acero particular, dependen de muchas variables, las más significativas son :

- 1) Tamaño y forma de el orificio de oxicorte
- 2) Velocidad del flujo de oxicorte
- 3) Velocidad de corte
- 4) Pureza del oxígeno
- 5) Intensidad (velocidad de flujo) de la flama de precalentamiento y la relación de oxígeno y gas combustible para el precalentamiento
- 6) Limpieza y lisura de la salida de la boquilla
- 7) Condiciones superficiales del acero
- 8) Calidad del acero (libre de impurezas, segregaciones, inclusiones, etc.)

Las Figs. siguientes muestran condiciones típicas del filo resultante por variaciones en el procedimiento de corte. (Figs. Nos. 11a y 11b).

Para cualquier corte, las variables anteriormente listadas deberán evaluarse, de tal manera que la calidad del corte requerida se obtenga con un mínimo costo de oxígeno, gas combustible y trabajo.

La tolerancia dimensional y aspereza superficial, deberán considerarse juntas cuando se juzgue la calidad del corte, pues son dependientes una de la otra.

La mayoría de las especificaciones, incluyen tolerancias dimensionales. Estas incluyen : linealidad de filo, cuadratura y variaciones permisibles en anchura; - todas estas son función primaria del equipo de corte y de su operación mecánica.

Cuando el soplete es rígidamente sostenido y avanza a una velocidad constante, como en una máquina guiada de oxicorte, las tolerancias dimensionales pueden mantenerse dentro de estrechos límites.

El grado de precisión longitudinal de una máquina guiada para corte, depende primariamente de factores tales como : la condición del equipo, la fidelidad del riel guía, limpieza de los mecanismos de operación y la uniformidad del control de la velocidad de la unidad propulsora.

En adición para el equipo, el control dimensional es dependiente del control de la expansión térmica del material a cortar. La carencia de adherencia para una tolerancia dimensional puede resultar en un pando del material, cuando se utilizan una hoja o placa delgada, resultando una combadura por el calor aplicado en un filo o por un cambio del material mientras se corta. Con un razonable cuidado en los factores precedentes, -

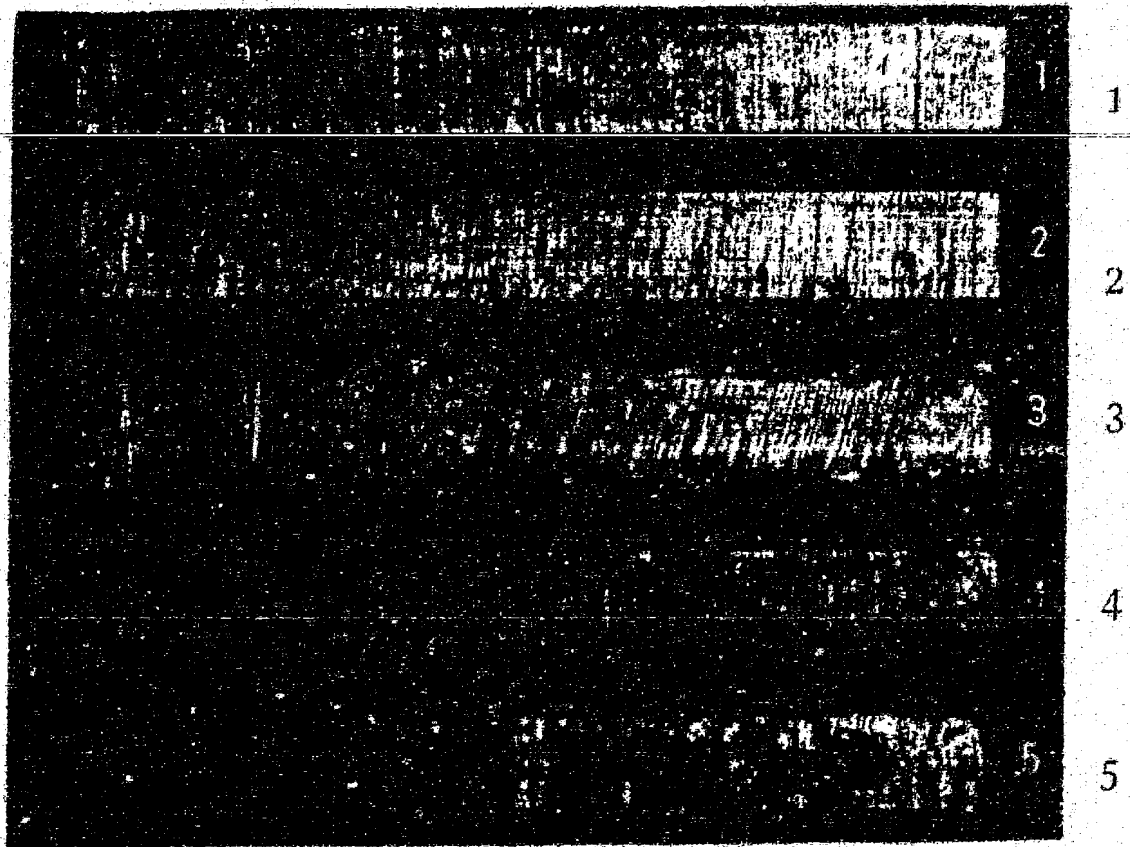


Fig. No. 11a. Condiciones de borde típicas, resultantes en operaciones de oxicorte. (1) Buen corte en planchas de una pulg. El borde es cuadrado y las líneas de arrastre son esencialmente verticales y sin profundidades. (2) Las flamas de precalentamiento fueron pequeñas para éste corte, con el resultado de una baja velocidad de corte, causando una perjudicial horadación en el fondo. (3) Aquí, las flamas de precalentamiento fueron grandes, dando una superficie derretida, con un borde de corte irregular, y una excesiva cantidad de escoria adherida. (4) Presión de oxígeno baja, resultando en un borde superior fundido por la baja velocidad de corte. (5) Presión de oxígeno muy alta y una boquilla de tamaño pequeño, darán como resultado una pérdida del control del corte. (1)

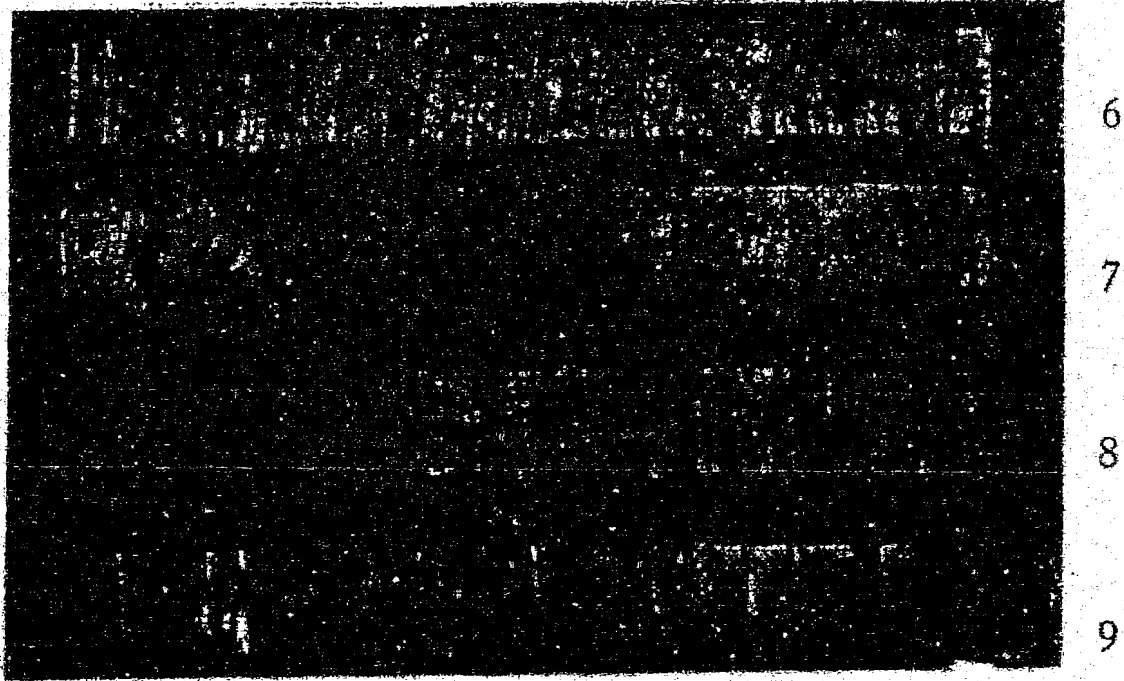


Fig. No. 11b. Condiciones de borde típicas, resultantes en operaciones de oxiacorte. (6) Velocidad de corte baja, con el resultado de líneas de arrastre irregulares y muy pronunciadas. (7) Rápida velocidad de corte, dando una pronunciada separación en las líneas de arrastre y un borde de corte irregular. (8) El viaje del soplete ha sido inseguro con el resultado de un borde de corte ondulado e irregular. (9) El corte está perdido, interrumpido sin cuidados, resultando con perjudiciales horadaciones. (1)

ya que la habilidad para lograr un corte progresivo, es grandemente dependiente de la transferencia desde las flamas de precalentamiento hasta el material.

En el corte de hierros fundidos es usual el uso de boquillas de corte que puedan proveer grandes cantidades de precalentamiento.

Piezas de Desecho

Uno de los principales y mejor conocidos métodos de corte para los materiales de desecho, es por abrazaderas de aceros de bajo carbón, a lo largo de la superficie superior del material a cortarse. En ocasiones, en la soldadura con reborde de aceros de bajo carbón, se coloca a lo largo de la línea de corte para obtener el mismo resultado. En estos casos, el corte es iniciado en materiales como aceros de bajo carbón.

El calor liberado por la oxidación de éste material y la subsecuente formación de una gran cantidad de óxido de hierro en la abertura hecha, pueden acompañar al corte progresivamente. El grosor de la pieza de desecho ó reborde, debe ser proporcional al grosor del material a cortar. Este método tiene como desventaja principal, las grandes pérdidas de piezas por la necesidad de aplicar el reborde a lo largo de la línea de corte.

4.2 MATERIALES RESISTENTES A LA OXIDACION

La ausencia de materiales de aleación en el hierro puro, expone todo el hierro a la oxidación por el corte con chorro de oxígeno. Como los materiales aleados incluyendo al carbón, al incrementarse, la razón de oxidación decrece desde estos al hierro puro.

La oxidación del hierro de las aleaciones, libera una considerable cantidad de calor y produce óxidos de hierro, que funden en puntos de fusión cercanos al del hierro. Algunos de los óxidos de varios de los materiales aleantes, tienen un punto de fusión más alto que el del hierro. Estos óxidos, que producen material refractario, pueden proteger el material en la abertura, por lo cual éste hierro fresco no estará continuamente expuesto al chorro de oxígeno.

Debido a estos factores, la razón de corte es reducida por los elementos aleantes en el hierro, que producen altos puntos de fusión, y mayor cantidad de óxidos refractarios.

Para éstos materiales férreos con alto contenido de aleantes, tales como el hierro fundido y el acero inoxidable, deberán usarse variaciones en los métodos de corte normal.

a) Metodos de Corte

Son generalmente, seis métodos de corte para material-

es conteniendo relativamente grandes cantidades de ale antes, particularmente aquellos que al oxidarse producen óxidos refractarios.

Hierros al cromo, aceros inoxidable y fundiciones de hierro, son ejemplos de éstos materiales.

Cuando el material presenta resistencia a la oxidación al estarse cortando, y especialmente cuando se usa flujo de polvos, deberán tomarse precauciones de seguridad para proteger al individuo y el área inmediata con todos los productos de la operación.

Movimiento oscilatorio

Los óxidos refractarios pueden formarse cuando el chorro de corte, cae en alguna parte del material. En estos casos, al inicio es necesario mover el soplete ligeramente de lado a lado, para que el nuevo material se caliente a la temperatura de ignición y el material adicional sea oxidado y expelido de la abertura. Si éste movimiento es oscilatorio y acompañado de un progresivo movimiento hacia adelante, dará un corte continuo.

Donde el corte, de primera intención separe el material, se ignore la calidad y el tiempo consumido en cortar no sea el mejor factor, entonces, será este un razonable y satisfactorio método.

Este proceso no requiere del uso de ningún aparato auxiliar. Las combinaciones previamente descritas en los métodos, pueden usarse. Estos métodos combinados, normalmente requieren boquillas especiales, designadas para obtener grandes cantidades de gas precalentado.

b) Cortadora Múltiple de Planchas

Esta cortadora para materiales de $\frac{1}{2}$ pulg (12.7 mm) y espesores menores, propiamente preparada, ofrece muchas ventajas. Primeramente, incrementa la productividad, tiene un bajo costo unitario, un mínimo de tiempo de corte y bajo consumo de combustible, son sólo algunas de las propiedades que proporciona.

También las plantillas resultantes, tendrán menos bordes tensionados, los cuales son cuadrados y más libres de filos, astillas y líneas de arrastre, comparadas con las placas recortadas con cizalla.

La Fig. No. 16, ilustra una típica operación por cortadora múltiple.

Las piezas apiladas, deberán formarse tan junto como sea posible de la plancha sólida. Suficientes abrazaderas deberán usarse para eliminar todo boquete de aire, especialmente a lo largo de la línea de corte.

Condiciones obvias, tales como, fuera de plano, encorvada, pandeada o ladeada, deberán reemplazarse por la pieza correcta.

Las planchas cizalladas deberán apilarse con el filo delgado del borde, del mismo lado. El material extraño en la superficie es generalmente eliminado con cepillos de alambre, seguido de un flujo de aire.

En casos extremos, se requiere de un baño ácido o un sopleteado por arena. Para facilitar el movimiento de los cortes, deberá darse una alineación vertical recta en uno de los sitios del apilamiento.

c) Materiales de Corte

Para corte de aceros suaves, el equipo estándar de oxi-corte es satisfactorio; para corte de aleaciones ricas y de inoxidable, se hace necesario el uso de un proceso especial, tal como el flujo de inyección ó corte -- por polvos. El proceso de corte y tipo de operación-- (manual o mecánica) seleccionado, dependerá del material a cortar y del uso a que esté destinado el producto. En las siguientes tablas se observan algunas velocidades de corte. (Pág. 62 y Apéndice)

El flujo y la velocidad de corte, se dan considerándose sólo como una guía, ya que para determinaciones más precisas, dependerán de cada trabajo en particular.

Las altas presiones de las boquillas divergentes, pueden suministrar fácilmente de velocidades de corte con aberturas angostas y producir un trabajo equivalente -- de alta calidad.

El oxicorte dirige presiones arriba de 500 psi (35.1 - Kg/cm^2), incrementándose a mayores velocidades, y dando buenos resultados. Deberán ejercerse cuidados extremos para preservar los orificios originales de corte, sus contornos o la eficiencia de la punta podrá -- reducirse drásticamente. Sólo se recomiendan puntas -- limpias del patrón que deberá usarse.

El espesor total es generalmente determinado por los requerimientos de tolerancias dimensionales de la pieza a cortar. Aún cuando se ejerza un extremo cuidado en la operación, algunas veces existe la posibilidad de que un soplete se dispare, perdiéndose con ello el apilamiento por entero.

Las recientes aplicaciones del flujo de corte, y los procesos de corte por polvos, han reducido con mucho, los riesgos. Los aditivos de combustible, para el flujo de corte, ayudan a propagar la reacción hacia abajo del corte, hasta el grado de apreciar el boquete de aire que puede tolerarse entre las placas. El uso de diversas boquillas con alta velocidad de corte por chorro, parece ayudar a la transferencia del proceso.

Aceros de alta aleación, incluyendo los inoxidable, pueden ahora apilarse y cortarse con la cortadora múltiple de planchas, y el extremo cuidado que se requiere al preparar el apilamiento ha disminuido.

En atención al procedimiento empleado, la economía del corte múltiple deberá contrastar otra vez, con el costo total involucrado, incluyendo preparaciones de material, apilamiento de acabado, abrazaderas patrón y el incremento de la destreza y cuidados requeridos.

la superficie de corte en un acero ordinario de 6 pulg (152.4 mm), de espesor puede tener a través de su sección de cuadratura $\pm 1/16$ de pulgada (1.58 mm).

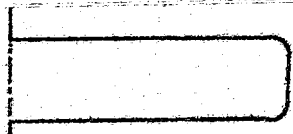
Los cortes en secciones delgadas se pueden mantener -- dentro de ciertos límites más pequeños.

Realizado adecuadamente, el corte con soplete de máquina guiada, es liso, con esquinas filosas y usualmente no requiere terminado.

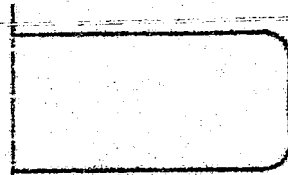
La sig. Fig. No. 12, muestra las condiciones del filo de corte, comparada con el laminado y cizallado. (1)

La precisión de corte para algunas líneas rectas o figuras, demandan la atención de todas las variables, la operación podrá entonces ser planeada cuidadosamente, para minimizar los efectos de las variables.

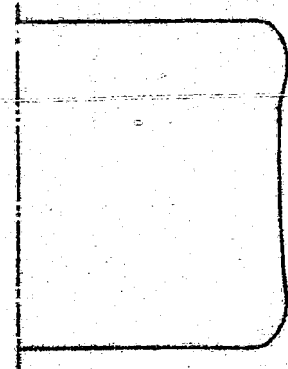
Por ejemplo, cuando se desbastan ambos lados de una placa, la desviación será menor si los dos sopletes son montados uno en cada lado, de tal manera que ambos cortes sean hechos simultáneamente y en la misma dirección. La distorsión puede generalmente controlarse -- (cuando se hacen cortes irregulares en las placas), esto es, con la insertación de cuñas en la abertura, siguiendo el corte del soplete para limitar la expansión del metal. En aberturas de corte en medio de la placa esto puede ser encontrado ventajoso, desde el punto de vista de la minimización de la distorsión, para hacer una serie de cortes no-conectados, nivelando la sección de corte junto a la placa en un número de lugares hasta que el corte, casi ha sido completado; las partes a conectar son entonces cortadas al final. El material de calibre delgado, se corta generalmente apilado, esto nos ayudará no sólo incrementando la produc--



1/4 a 1/2 de pulg.

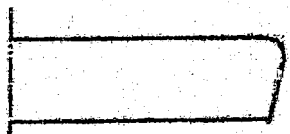


1/2 a 1 pulgada.

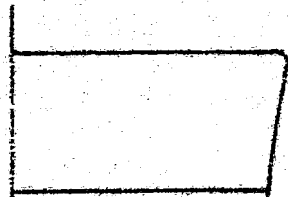


Plancha gruesa

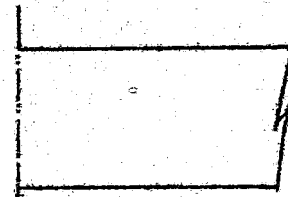
(A) FILOS DEL LAMINADO



1/4 a 1/2 de pulg.

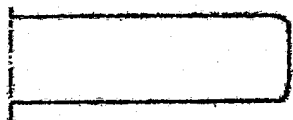


1/2 a 1 pulgada.

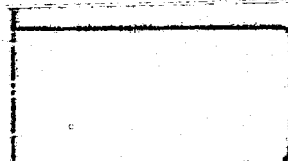


3/4 a 1 pulgada.

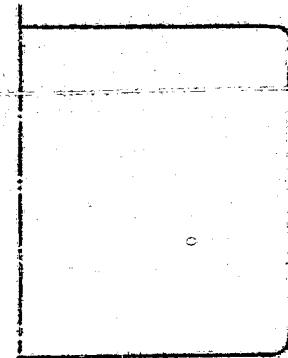
(B) FILOS DEL GIZALLADO



1/4 a 1/2 de pulg.



1/2 a 1 pulgada.



Plancha gruesa

(C) FILOS DEL OXICORTE

Fig. No. 12.- Condiciones del filo de corte comparada con el laminado y sizallado.

ción, sino también eliminando torceduras y pandeos. Las placas delgadas han sido también cortadas sumergiéndolas en agua para eliminar el calor causado por el corte y así minimizar o prevenir la distorsión.

a) Preparación de Bordes de Placa

La sesgadora de bordes de placa antes de soldar, es una necesidad en muchas aplicaciones, tanto como para asegurar dimensiones y ajuste apropiados y permitir técnicas de soldadura propias.

La sesgadora puede usar un soplete o varios, operando simultáneamente. Otra forma de preparar bordes de placa, tal como acanalados en forma de "U" y "J" son también empleadas.

En el soplete sesgador individual, la cantidad y tipo de precalentamiento es un factor dominante.

En ángulos menores de 15 grados, la pérdida en eficiencia al precalentar es pequeña, en todo caso, cuando el ángulo se incrementa arriba de 15 grados, la pérdida en transferencia de energía desde las flamas de precalentamiento hasta la placa, es apreciable, y son necesarias flamas de precalentamiento relativamente grandes, particularmente en espesores hasta arriba de una pulgada (25.4 mm).

Mejores resultados se obtienen al ajustar la boquilla muy estrechamente al área de trabajo y empleando la siguiente relación de oxi-gas combustible :

1.5 de oxígeno para 1 de acetileno

4.7 de oxígeno para 1 de propano

2 de " " 1 de gas natural

Un soplete auxiliar (con sólo flamas de precalentamiento encendidas), montado perpendicularmente al área de trabajo o un adaptador auxiliar (usado en el soplete individual), tal que distribuya el precalentamiento y aplique una porción de él, al ángulo recto del trabajo puede usarse para obtener rápidas velocidades de sesgado. Cualquiera de estos métodos consume realmente menos gases precalentados, que una boquilla individual angulada.

Una alta calidad en la superficie de corte, no siempre es posible obtenerse con altas velocidades de corte.

El terminado de la superficie de corte, puede usualmente ser mejorado operando a bajas velocidades. Cuando la velocidad se reduce, con el objeto de obtener mejor acabado sobre la superficie, el flujo de precalentamiento deberá ser disminuido de manera correspondiente - para prevenir una excesiva fusión en la parte superior del borde.

Con operaciones de soplete múltiple, el efecto de precalentamiento y todas las operaciones, son básicamente similares al corte vertical.

Las tres siguiente Figuras Nos. 13, 14, y 15, ilustran las diferentes colocaciones para obtener tres tipos de bordes básicos. En cada caso, la posición del soplete es variable, A y B son gobernados por el espesor -

de la pieza, tamaño de boquilla y velocidad de corte. Las boquillas se conducen una a otra como en la práctica sin interrumpir la acción de corte del flujo de oxígeno. Cuando las dimensiones de A y B son grandes, la acción de corte, sin embargo, no debe continuar más allá de la abertura del soplete -- principal.

Esto causa que el flujo de oxígeno, sea desviado -- dentro de la abertura y resulte en una horadación y superficie tosca.

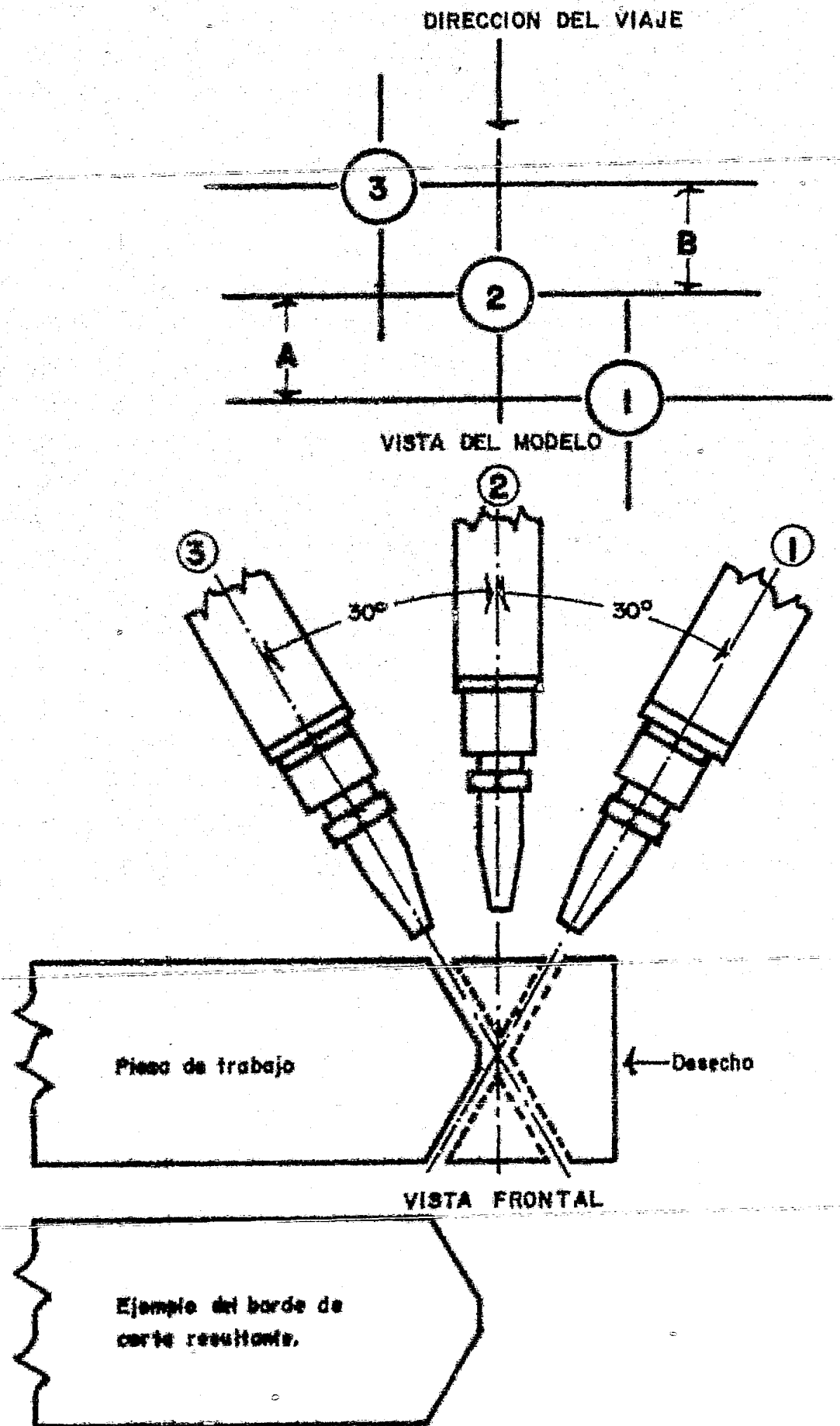


Fig. No. 13- Tres sopletes de excorte ; son usados simultáneamente, para separar y formar el borde de la plancha.

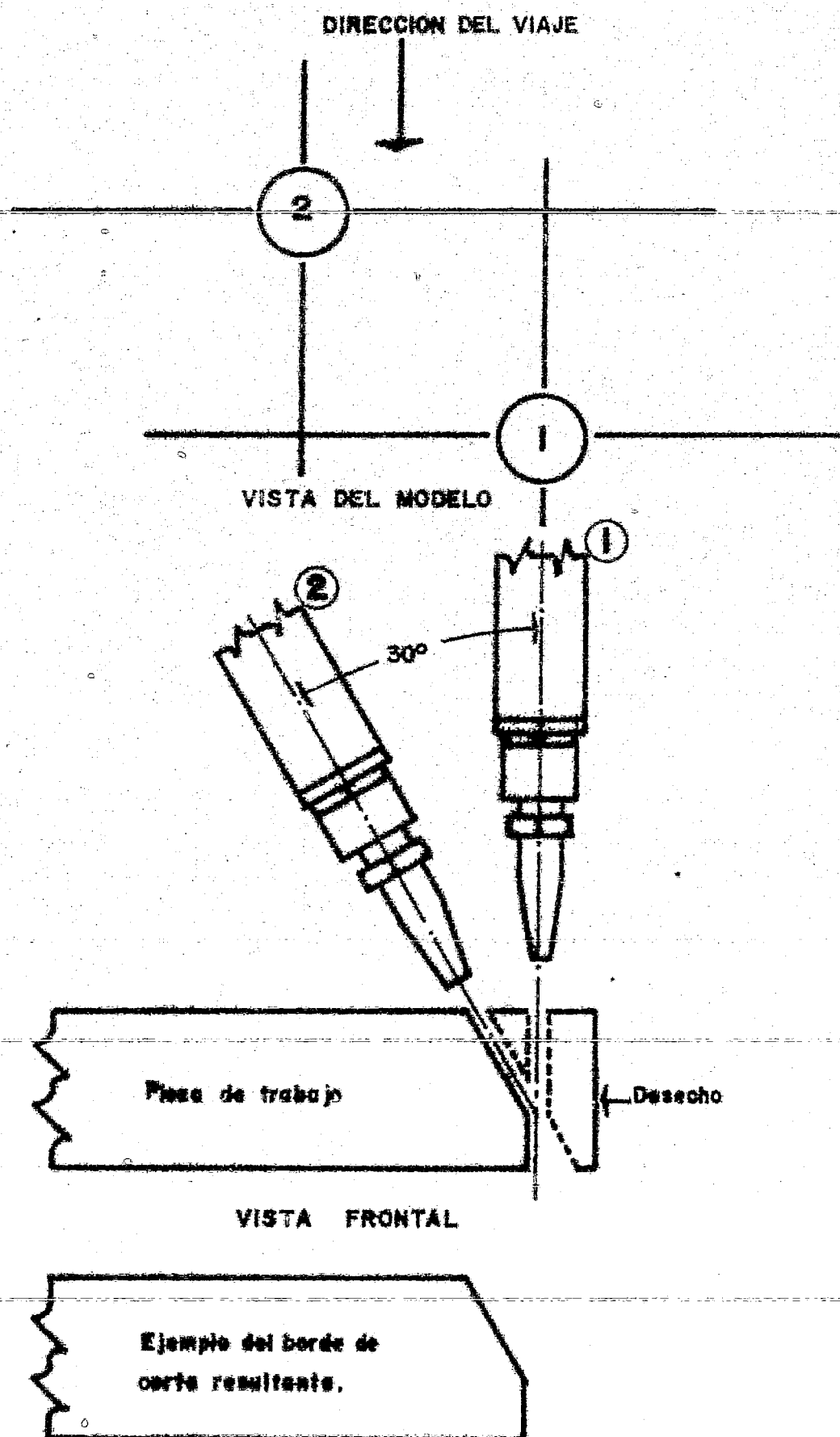


Fig. No. 14-- Máquina de exicorte con sopistas múltiples, usada en típicas preparaciones de borde de plancha.

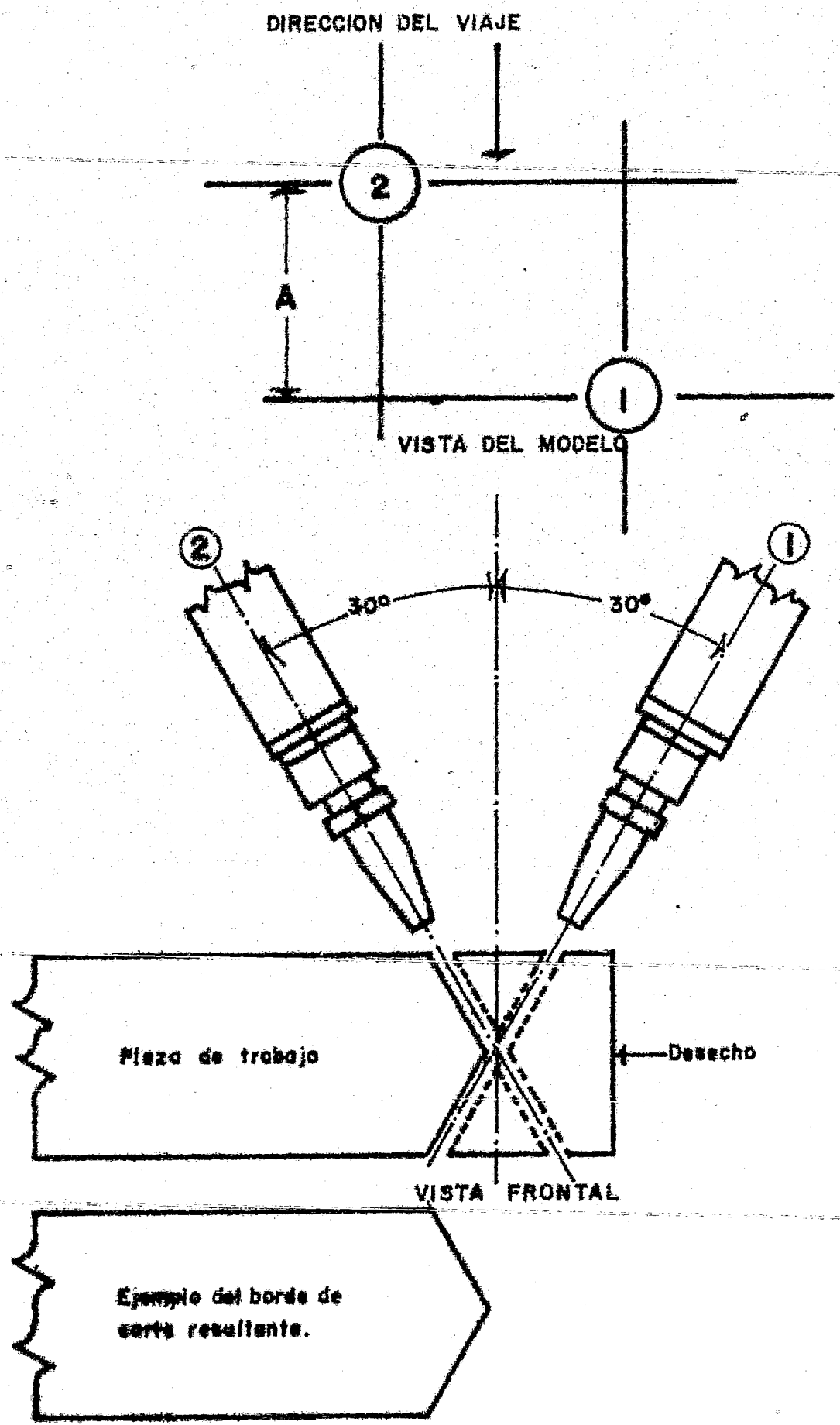


Fig. No. 15.- Dos sepietas de excorte empleados en máquinas de corte, en una preparación simultánea del borde.

Alambre Alimentador

Con equipo adecuado, una corta longitud de alambre de acero de bajo carbón, puede alimentarse dentro de las flamas de precalentamiento. Porque de ésta forma, el extremo del alambre estará muy prontamente fundido y las partículas derretidas se oxidarán fácilmente y serán llevadas por el flujo de oxígeno, por encima de la pieza a cortar. El calor aplicado para la inflamación de éstas partículas de alambre provoca un rápido brinco hacia la superficie o cara de la placa de acero, arriba de la temperatura de ignición, y así se realiza un corte progresivo.

Este método puede ser usado al iniciar cortes sin detenerse a calentar previamente aceros al carbón, un procedimiento conocido es el del volante de arranque. En el mismo lugar, el oxicorte para materiales duros, debe acompañarse por contínuos alimentadores de alambre de hierro.

Calentamiento

Es bién conocido, que varios materiales presentan dificultad y algunas veces imposibilidad para cortarse cuando se corta en frío, y que el corte es más fácil si se calienta el material.

Debido a que la temperatura de los alrededores del material, por el calor liberado en la reacción de corte, es alta, podrá agregar suficiente calor a la zona de -----

corte para fundir algunos de los materiales refractarios. Estos materiales podrán limpiarse de la abertura. Esta solución es normalmente impráctica, sin embargo, podrá usarse sólo en casos especiales.

Corte con Arco de Oxígeno

Otro método que se ha venido desarrollando en años recientes, es el proceso de corte por arco de oxígeno, donde un arco eléctrico golpea entre un electrodo hueco de carbón ó de acero al carbón y el trabajo.

Un flujo de oxígeno es pasado de un lado a otro del fondo del hueco del electrodo.

Flujo de Corte

Se introduce en 1945, y es un intento primario para cortar aceros inoxidable. El flujo se designa, para la reacción con materiales aleantes (tales como el cromo y níquel), para producir componentes con puntos de fusión en el rango de temperatura de los óxidos de hierro resultantes en el corte de aceros al carbón.

En éste caso, el corte de inoxidable puede llevarse en un continuo movimiento sin más necesidad de oscilación o la adición de algo más allá de la introducción del flujo dentro del flujo del oxígeno de corte.

Este método de corte, requiere de aparatos especiales-

Al usar métodos de corte por flujo, las grandes velocidades de corte se aprovechan para cortar espesores equivalentes de acero al carbón.

Polvos de Corte

Desde 1944, éste método es introducido específicamente para el corte de metales muy duros. La tabla No. 3, contiene datos de corte por polvos según la AISI, para un acero 302. En éste proceso, hierro pulverizado o mezclas de hierro pulverizado y otros materiales, también pulverizados, son introducidos dentro de la zona de reacción. Cuando se introduce el hierro pulverizado, se empieza a quemar, liberándose con esto una tremenda cantidad de calor, además de la abastecida por las flamas de precalentamiento. Este calor, puede tender a fundir, algunos de los óxidos que se hubiesen formado en la superficie de corte. Otros dos factores ocurren simultáneamente, uno, el principal, es que los óxidos de hierro producen una matriz de óxido de hierro la cual es suficiente para rodear los óxidos refractarios que se hayan formado. El segundo efecto, es que, la presencia del polvo de hierro o de los óxidos quemados en el flujo de corte, junto con la energía cinética que del flujo resulta, incrementan la velocidad de masa del chorro del corte. De esto resulta una combinación de erosión, como un efecto de chorro de municiones en la superficie de corte, y con una con

| Espesor del acero. (pulgadas) | Diámetro del o- rificio de oxicoor- te. (pulgs.) | Presión de oxígeno. (Psi) | Velocidad de corte. (pulg./min.) | Consumo de gas | | Flujo de polvos. (Onzas/min.) |
|-------------------------------------|--|-----------------------------------|--|--|--|---------------------------------------|
| | | | | Oxígeno (Ft. ³ / hrs.) | Acetileno (Ft. ³ / hrs.) | |
| 1/2 | .04 | 50 | 14 | 125 | 15 | 4 |
| 1 | .06 | 50 | 12 | 225 | 23 | 4 |
| 2 | .06 | 50 | 10 | 300 | 23 | 4 |
| 3 | .08 | 50 | 9 | 550 | 32 | 5 |
| 4 | .10 | 50 | 8 | 675 | 38 | 6 |
| 5 | .12 | 60 | 7 | 800 | 45 | 7 |
| 6 | .14 | 60 | 6 | 900 | 63 | 8 |
| 8 | .14 | 70 | 4 | 1000 | 63 | 8 |
| 10 | .16 | 75 | 3.5 | 1100 | 75 | 8 |

Tabla No. 3.-- Datos del corte por polvo, para aceros inoxidable. (1)

tinua exposición, se crea una nueva superficie para el flujo de corte.

El corte de materiales difíciles por el método de polvos, puede acompañarse de la misma velocidad de un oxi corte de acero al carbón de equivalente densidad. En todo caso, el corte por flujo de oxígeno, será lige ramente más difícil que el proceso de polvos.

Equipo de corte para materiales resistentes a la oxida ción.—Los cortes de flujo y de polvos, requieren de di versas piezas como los sopletes y puntas u otros apara tos.

El corte por flujo, emplea sopletes y puntas estándar mientras que el corte por polvos emplea aditamentos au xiliares. Esto es, un surtidor de polvo y gas que as bastecerá la cantidad requerida en el proceso.

El gas usado en el surtidor de polvos, deberá ser aire comprimido, nitrógeno, u otro gas inerte o alguna mez cla gaseosa especial. Se requiere de una manguera adi cional para transportar el polvo desde el surtidor has ta el soplete.

Equipo de Corte con Flujo

Para este proceso, se requiere de una unidad alimentadora de este flujo. El flujo de oxicorte pasa a través de la unidad alimentadora y ésta transporta el flujo al soplete. Ningún flujo auxiliar o manguera es requerido.

En el proceso de corte por flujo, un flujo es mantenido en un dispersador, el cual es un tanque a presión, para ser usado a las presiones de oxicorte normalmente usadas. El flujo de oxicorte a través del dispersador se ajusta por medio del regulador. El flujo de oxicorte a las presiones descritas por el fabricante, es el encargado de transportar el flujo desde el dispersador hasta el soplete cortador. Este soplete utiliza tres mangueras. Una proporciona el oxígeno precalentado, la segunda acetileno u otro gas convencional y el tercero el flujo y el oxígeno cortador.

Los gases precalentados son entregados en la punta y quemados en el escape de la cara de salida a través de múltiples orificios. El oxígeno cortante se conduce por un camino convencional y por depresión de una palanca, la cual abre la válvula del oxígeno cortador.

La palanca está arreglada de manera que al presionarla abrirá la válvula en la línea del flujo.

El flujo está en el extremo del soplete y así la mezcla de oxígeno y flujo, se origina en la punta del mismo.

Polvo Cortante

Los dispersadores para polvo, en el proceso de corte son de dos tipos en general. En cada tipo, el dispersador incluye un recipiente a presión que opera a baja presión.

Un tipo de dispersador es el constituido por un dispositivo vibratorio, en el cual la cantidad de polvo que es liberada por el alimentador, está regulada por un vibrador, variando las cantidades de polvo que pueden obtenerse al variar la amplitud del vibrador.

El polvo descargado del dispositivo vibratorio se deja pasar por un conducto. Este conducto se encuentra en una cámara sellada. El polvo que se convierte a gas, entra a un conducto en que se arrastra el flujo y lo acarrea a través de una manguera hasta el soplete. El tamaño de la manguera entre el dispersador y el soplete es importante, con el objeto de obtener un flujo con suficiente gas, pero al mismo tiempo mantener la relación de gas transportado a polvo tan baja como sea posible. El tipo de dispersador vibratorio se usa donde generalmente se requiera de un flujo de polvo exacto, tal como en un cortador de precisión o cuando la forma de corte debe efectuarse en materiales como el acero inoxidable.

Otro tipo de dispersador, el cual es de uso más general, es un dispositivo completamente neumático, el cual comprende el tanque a presiones relativamente bajas. En el fondo de éste tanque se encuentra una unidad flu

idizante o inyectora. El gas es transportado por el dispersador, de tal manera que fluidice el polvo de una manera fácil y regular por lo cual el tamaño del conducto es importante, ya que interesa mantener baja la relación de gas a polvo.

Independientemente de que la máquina de corte tenga dos ó más mangueras, se requiere de una manguera adicional para el polvo. El soplete de corte por polvos lleva el oxígeno y el acetileno o el oxígeno y el gas combustible al soplete, en donde se descarga por múltiples orificios.

La válvula de polvos, constituye una parte esencial del soplete. La palanca de oxígeno de corte opera simultáneamente con la válvula de polvo.

El polvo llevado por el gas pasa a través de un conducto separador hacia una cámara frontal sellada, la cámara de gas precalentado se encuentra en la cabeza del soplete.

El polvo entra pues, a un grupo separado de pasajes, y es descargado en la boca del soplete, por una salida cónica. El polvo se descarga a una velocidad suficiente para lograr la entrada y paso a través de la envoltura de gas precalentado y del oxígeno de corte que se quema al salir del orificio central del soplete.

El pasaje de gases que guía al flujo, está constituido de materiales que resisten a la abrasión de las partículas. Similarmente, la cabeza del soplete que está bajo la acción abrasiva del polvo, deberá estar hecha de materiales con una vida relativamente larga para éste tipo de servicio.

Para máquinas de corte o para adaptaciones convencio-

nales, se tienen dos mangueras de corte manuales, así como adaptadores de corte que están también disponibles.

Esto permite a las máquinas estándar de corte o a los sopletes manuales, cortar usando el sistema de oxiacetileno o de oxi-gas combustible juntos.

En éstos casos, la válvula de polvos abre o cierra por un movimiento de separación completamente diferente al de apertura de la válvula de oxígeno de corte. La mezcla de gases y polvo se lleva de la válvula de polvos al adaptador de corte que está fijado al extremo del soplete.

Este adaptador envuelve la periferia de la salida de la varilla y los varios pasajes de polvo, provocan que éste salga en forma de cono y a la velocidad suficiente para soplar a través de la envoltura de gas precalentado.

En una gran variedad de casos, particularmente en el corte manual o en máquinas de corte recto, el polvo cortante es eliminado, esto se logra colocando un tubo individual el cual descarga el polvo, desembocándolo en un ángulo tal que atravieze el chorro de oxiacorte a la velocidad del proceso. Esta fijación para el tubo individual se aplica solamente cuando el corte se deba dirigir en una sola dirección, ya que la punta del polvo, invariablemente debe estar a la salida del frente-terminal de la corriente de oxígeno cortante.

CORTE BAJO EL AGUA

El corte bajo el agua es usado en trabajos de salvamento y para todo corte que deba realizarse por debajo del nivel del agua, en estructuras, diques secos, y en barcos. Los dos métodos más extensamente usados son el corte por flama y el corte por arco de oxígeno.

La técnica para el corte bajo el agua, no es materialmente diferente de la usada en el corte de aceros al aire libre, el soplete es usado igual que el estándar con las semejanzas adicionales de suministro de gas del propio ambiente atmosférico. En el soplete para corte bajo el agua, el gas combustible (otro que el acetileno), y oxígeno, son ahora mezclados y quemados juntos, para producir la flama de precalentamiento y un chorro de corte es provisto para abastecer de oxígeno para el corte del acero. (6)

El diseño adicional de requerimientos del soplete para corte bajo el agua, son las medidas que deberán tomarse, para el mantenimiento de una burbuja de aire alrededor de la punta de corte. La burbuja de aire, se mantiene deliberadamente comprimida para el soplete, y éste aire comprimido es expelido alrededor de la punta, cubierta de una burbuja de aire, creando así una atmósfera artificial en la cual, la punta puede funcionar normalmente. Este escudo de aire estabiliza la flama y al mismo tiempo desplaza el agua del área de corte, permitiendo más eficiencia en el calentado del acero, dado que el agua es un mejor conductor de calor que el aire.

El soplete para corte bajo el agua, está provisto de conexiones para tres mangueras, las cuales conducen el aire comprimido, el gas combustible y el oxígeno.

Además, el metal protegido está ligado en el extremo del soplete para controlar la burbuja de aire y cuidar de la posición óptima. Esta protección tiene un doble propósito. Si se controla la formación de la burbuja de aire y cuidar de la posición ajustando la boquilla y la punta, para que pueda cubrirse a una correcta distancia del trabajo. La segunda característica es esencial para trabajos bajo el agua, donde el soplete es empleado bajo claras condiciones adversas y es necesario un incómodo buceo, tal que deberá prevenirse la posibilidad de uso de un soplete sin medios mecánicos para detener el soplete a una distancia óptima del acero. Las ranuras de protección son suministradas para permitir que los gases quemados se escapen hacia la superficie. Un soplete corto se usa para reducir el retroceso asociado con la liberación del chorro de gas que protege del agua. Cuando las operaciones de corte, son en profundidad, la presión del gas deberá de incrementarse para neutralizar la presión adicional del agua así como las pérdidas por fricción, aumentando el tamaño de las mangueras. El incremento es de aproximadamente $\frac{1}{2}$ psi (0.4 atm) por cada pie (30.48 cm) de profundidad, además de la presión del trabajo.

El hidrógeno y el gas natural, son los mejores para todo intento de gases de precalentamiento, ya que pueden ser forzados en profundidades mayores, esto es sumergidos, pudiendo descender y permanecer en la fase gaseo-

sa. En todo caso, otros gases normalmente asociados con la flama de corte, son usualmente restringidos hasta para profundidades muy pequeñas.

Las experiencias con soplete de corte de oxigas combustible, no presentan grandes dificultades en el progresivo separado de piezas de acero de $\frac{1}{2}$ pulgada (12.7mm) hasta alderredor de 6 pulg (152.4 mm).

Por debajo de $\frac{1}{2}$ pulg (12.7 mm), en todo caso, los constantes efectos de apagado que el agua del derredor provoca, baja la eficiencia de precalentamiento, retardando sustancialmente la velocidad de corte.

En materiales delgados, el proceso de corte por arco de oxígeno funciona bien.

Cuando el flujo de oxígeno sale desde el electrodo, no tiene una forma precisa de penetración, y éste limpiará al metal bajo un intenso calor del arco.

Esta semejanza también permite separar fundiciones de hierro, bronces, latones, y otros materiales no-férreos. Estas son, en todo caso, las dificultades involucradas cuando se manejan altas corrientes de amperaje.

En los procesos en donde se tenga una aplicación definida en cada caso, deberán darse especiales cuidados en cada trabajo específico y así usar el tiempo efectivamente.

Corte Grueso

Se definen como cortes gruesos, los que requieren del oxígeno sobre 12 pulg (304.8 mm) de espesor y extensiones arriba de 94 pulg (238.76 cm) o más.

El arte en el corte de piezas gruesas, ha tenido gran auge, debido a las demandas de una más rápida producción de artículos de acero gruesos, especialmente forjas gruesas; durante la 2a. guerra mundial, se requirió grandemente del uso del oxígeno para este tipo de cortes.

El desarrollo del equipo para cortes gruesos, se da en 1940, por controlados estudios del proceso. Ello ha resultado en la colocación de las aplicaciones del corte grueso sobre bases ordenadas y predecibles.

Los resultados de las técnicas estudiadas bajo condiciones controladas, se remontan a más de 20 años de uso, teniendo muestras sobre bases repetitivas. La observación más usada de estas experiencias es la de las reacciones básicas que permiten al oxígeno cortar el grueso acero, siendo las mismas que para cortes de secciones delgadas.

De éste modo, el rango de materiales en espesores de $\frac{1}{4}$ de pulg (6.35 mm) a 94 pulg (238.76 cm) pueden cortarse, con precalentamiento y flujo de oxígeno aumentados y con velocidades de corte decrementadas cuando se incrementa el espesor.

Para cortes gruesos, el factor más importante es el flujo de oxígeno. El tamaño de la boquilla y la presión de operación se involucran sólo cuando los valo-

res proveen el flujo requerido dependiendo del espesor del material a cortar.

La presión del oxígeno de corte, en un rango usual de 7 a 50 psi (0.45 a 3.3 atm), medido a la entrada del soplete de corte, tiene que adecuarse para que el corte muy grueso (arriba de 94 pulg), y proveer que la medida de la boquilla y equipo sean propiamente seleccionadas.

El flujo de oxígeno a la entrada del soplete, es de su prema importancia en comparación con los resultados de diferentes operaciones de corte.

La demanda de oxígeno puede variar dependiendo del espesor, pero aproximadamente se encuentra en rangos de 80 a 125 ft³ (2,265 a 3,540 l), consumidos por pulgada de espesor. La Tabla No. 1 del ápendice, nos dá el rango de espesor y condiciones de operación que cubren las operaciones de corte grueso normales.

El corte grueso, cubre una gran variedad de operaciones como el corte de barras, sobrantes, etc. Debe entenderse sin embargo, que los datos obtenidos en la tabla anterior no deben tomarse para cualquier corte a emprender. Deberán usarse estos datos como una guía en la selección del equipo adecuado, así como de las condiciones de operación.

Los valores óptimos se obtendrán en la operación a través de ensayos previos al corte.

A causa de que las piezas gruesas generalmente presentan una supérficie irregular, las técnicas de arranque en el corte, deberán ser normalmente usadas con mate--

riales más delgados, donde los extremos son más cuadrados y definidos. El inicio de la reacción se hace más lentamente en los bordes rugosos, pero la reacción una vez iniciada es más remarcable y espectacular a causa del mayor volumen del hierro que está siendo oxidado - por unidad de tiempo. (5)

En general, las condiciones requeridas para un corte exitoso son :

- 1) Un adecuado suministro de gas para el corte
- 2) Equipo de tamaño suficiente en lo estructural, para que se mantenga su rigidez y dé capacidad suficiente para sujetar y mantener su efectividad a los diversos flujos de gas requeridos
- 3) Personal debidamente entrenado en las técnicas de corte

El primer punto, es importante ya que asegura la conclusión del trabajo sin interrupciones debidas a insuficiente gas. No sólo la fuente de gas debe ser adecuada, sino que también las tuberías y los demás accesorios deben ser también del tamaño requerido, la tabla mostró que los flujos de oxígeno para corte grueso son del tipo del de suministro en una sola línea. El diseño en las líneas de abastecimiento de gas debe enfatizar que es necesario mantener un flujo constante en las toberas de salida en el corte.

El equipo de corte, así como las máquinas usadas deben ser fuertes y sólidas y estar adecuadamente contrabalanceadas cuando sea necesario. Estas precauciones son esenciales para la seguridad del personal que las opera y para mantener una continuidad en la operación de corte.

La máquina, debe ser capaz de mantener una velocidad mínima constante de 1 ipm (2.54 cm/min) o menos, esta velocidad debe ser rápidamente ajustable y variar según las condiciones del corte.

Los sopletes deben estar constituidos con un mínimo de flujo interno de gas para cortar materiales de 20 pulg (50.8 cm) de espesor con válvulas usadas en condiciones más difíciles. Esto permitirá el control local fuera del calor del corte. La capacidad deberá ser de un mínimo de 6000 cfh (17,000 l/min), con una presión de entrada en el soplete de 20 psi (1.3 atm), para el oxígeno de corte.

Las toberas de corte diseñadas específicamente para proveer flamas de precalentamiento, son indispensables para una correcta operación.

La flama de precalentamiento deberá ser relativamente grande o no se obtendrá la completa penetración y se presentarán líneas de arrastre excesivas.

No debe intentarse obtener cero líneas de arrastre, pues se tendería a promover un angulamiento.

La cantidad de líneas de arrastre deberá ser proporcional al espesor del material.

Corte a Temperaturas Elevadas

Las continuas demandas de grandes producciones en la industria acerera, han incrementado el uso de equipos de oxicorte cada día más perfeccionados para los aceros, concretamente en laminación, a temperaturas de 1500°-2000°F (800-1438°C). El corte caliente es usado por las ventajas directas al realizarse en la misma línea de laminación, donde la flexibilidad y bajo costo del proceso fomentan su uso en lugares en los que se usaban cizallas, sierras y otros cortadores. Aún cuando las relativamente bajas velocidades del proceso de oxicorte se compensan por sopletes múltiples y otros medios, mientras que el comúnmente útil bajo costo del oxígeno y gas natural en la siderurgia, han logrado costos de operación para el oxicorte en las laminadoras, competitivos con los costos de las cizallas y sierras.

Para permitir las inherentes grandes velocidades del oxígeno de corte a elevadas temperaturas, se consideran grandes flujos de gas, los cuales se usan para suministrar a los cortes en frío. El equipo de corte, (máquinas, sopletes y reguladores), deberán ser de suficiente capacidad para manejar estos grandes flujos de gas, así como proveer las operaciones de choque térmico, semejante equipo deberá sujetarse a las condiciones de operación de la fábrica.

El oxicorte a elevadas temperaturas, sigue en general el mismo principio que se aplica al corte en frío, excepto por la velocidad de reacción, pues algunas velo-

tidades suelen ser mucho mayores. Las tolerancias dimensionales y la calidad de corte obtenidas son iguales a las del corte en frío, siempre que las velocidades de corte sean semejantes. Una alta velocidad se obtiene con el oxígeno de corte para aceros a temperaturas elevadas.

El carbón y otros aleantes en los aceros, tienen un efecto muy marcado en las velocidades de corte, pero muy pocos reportes de investigadores se conocen.

Existe un reporte con las máximas velocidades que pueden obtenerse en aceros, y resultó ser de alrededor del 0.75 % de carbón, pero, como los efectos de los elementos aleantes en oxicorte son suficientemente desconocidos, no proporciona una exposición clara de como es que resultan esas altas velocidades.

Metalúrgicamente, el corte caliente presenta una superficie de corte, libre del carbón enriquecido y un apenas perceptible gradiente de dureza. El borde del corte muestra evidencias de una leve descarburización, principalmente en las áreas inmediatas bajo las flamas de precalentamiento.

Las microfotografías muestran un crecimiento de grano a lo largo de la superficie de corte apenas apreciable

El corte en caliente con los procedimientos adecuados, produce resultados satisfactorios con estructura normal y sin señas de choques térmicos u otras formas indeseables.

Las aberturas se obtienen en cortes de calidad a elevadas temperaturas y pueden ser prácticamente idénticas a las del corte en frío, proviéndose adecuadamente de las boquillas necesarias.

C) EQUIPO Y MAQUINAS

Las máquinas de oxicorte, son básicamente de dos tipos las llamadas portátiles y las estacionarias. Las máquinas portátiles se llevan normalmente al sitio de trabajo, en tanto que las estacionarias se encuentran fijas en algún lugar.

Portátiles

Se usan predominantemente para el corte en línea recta sin embargo, también se pueden adaptar para cortes curvos. Las máquinas portátiles constan de un cursor movido por un motor con un montante ajustable para situar el soplete. En muchos casos la máquina corre sobre un riel, lo cual perfecciona la función de guiar el soplete a lo largo de la línea de corte, la cual puede extenderse indefinidamente.

La velocidad de control en éstas máquinas, deberá ajustarse en un amplio rango y ser gobernable en las velocidades de operación.

El grado de precisión en el curso de la línea de corte depende del riel guía y de las ruedas que soportan a la máquina.

Las máquinas portátiles son de varios tamaños y pesos, dependiendo del trabajo a efectuarse. las máquinas más pequeñas, pesan unos cuantos kilos (2.7), y se limitan a llevar los sopletes de corte para cortar planchas delgadas de acero.

Las máquinas más grandes son más pesadas y pueden utilizarse para llevar sopletes para los cortes más varia

dos en línea recta o en círculos.

Las máquinas de alto rendimiento, se usan en los astilleros, molinos y otras áreas donde gruesas chapas de acero deban cortarse.

Estacionarias

El tipo estacionario en las máquinas de corte, se emplea cuando se permanece en un sólo local, siendo las piezas a cortar llevadas hasta la máquina.

Estas máquinas corren en rieles, con estructuras que pasan sobre las piezas a cortarse, sobre puentes o dispositivos de viga volada.

La importancia de las características propias de las máquinas estacionarias se dividen en dos grupos :

1o.- Aquellas que cortan en líneas rectas, para placas considerablemente más pesadas que la que alcanzan las máquinas más pequeñas.

2o.- Las máquinas de tipo estacionario, que son capaces de realizar cortes de cualquier tipo.

Ambos tipos requieren de dispositivos de manejo para ayudar al trabajo. Cuando se realizan cortes longitudinales, se usan transportadores del tipo de rodillo. Las máquinas de corte recto, son a menudo llamadas "aplanadoras con oxígeno". En el caso de las máquinas de corte que realizan cortes irregulares, se usan dispositivos dentados, y mesas de puntos múltiples de corte. Las máquinas de oxiacorte, cuentan con sopletes entre los rieles, en ocasiones el número de sopletes es suficiente para cortar a los espesores que se desee. Algunos tipos de máquinas tienen puentes de construcción ligera que elevan carritos los cuales transportan los sopletes.

Los conjuntos de sopletes usados en oxí-corte so de --- tres tipos, todos ellos cuentan con carros de transpor- te con ruedas corriendo sobre superficies planas.

Existen arreglos en los cuales los sopletes se incli- nan, logrando así cortar en dos puntos en una sóla ope- ración.

Estas máquinas, son de dos tipos de diseño básicos, -- uno es el de tipo pantógrafo y el otro con mecanismos- de carros motrices cruzados. En ambos tipos el elemento básico es una barra flotante con uno o varios sopletes localizados al final y una trazadora o dispositivo --- guía en el otro.

Las diferencias de diseño están en las porciones de la máquina que guían esta barra. En la máquina de tipo - pantógrafo, la barra es sostenida por dos brazos que - se pliegan y caen. El pantógrafo completo está monta- do en un dispositivo móvil sobre rieles que siguen al corte en toda dirección a lo largo de su longitud.

En el mecanismo de carros móviles cruzados, uno de --- ellos se mueve en un riel desplazado a un espesor dado

La barra que soporta el soplete, puede mover- se fácilmente en ángulos rectos en relación al carro - longitudinal. Ambos diseños pueden cortar en trazos - regulares e irregulares de casi cualquier complejidad- y tamaño. Estas máquinas pueden portar numerosos so- pletes de acuerdo a la necesidad y espesor de la placa a cortar. Diez o más sopletes pueden ser usados en ope- raciones normales. En operaciones con múltiples sople- tes, se pueden cortar tantos grosores como sopletes se tengan.

Dispositivos Trazadores

El tipo usual de máquina de oxicorte, emplea una barra con sopletes en un extremo y un dispositivo guía en el otro. Esta barra en el caso de algunas máquinas, se guía por velocidades con ayuda de una pequeña rueda, -- la cual corre en una pequeña mesa de trazo.

Un dispositivo de trazo se combina con una rueda guía, la cual ejecutará los mismos movimientos que el soplete al cortar. Ambos, el pantógrafo y las máquinas rectilíneas usan los mismos dispositivos trazadores.

Una rueda pequeña o un trazador magnético se emplean -- para guiar a la máquina. El dispositivo trazador y el brazo son normalmente guiados alrededor del contorno del plano, siguiendo una franja vertical fija entre -- dos rodillos manejados por muñones, o puede ser un trazador magnético siguiendo el patrón del acero.

Un dispositivo trazador eléctrico, puede usarse con el empleo de una fotocelda que sigue la línea del plano, -- gobernando el manejo rodado y realizando el corte automáticamente.

La tracción del manejo de la máquina, viene dado unicamente por el rodado del trazador. Los más recientes -- diseños para máquinas del tipo rectilíneo, utilizan relaciones de seno-coseno.

La conducción y el brazo cruzado, son controlados cada uno por un motor, y son conducidos en la dirección deseada, pero la velocidad de movimiento del brazo trazador requiere de valores constantemente preselecciona--

dos. Esta construcción permite que la máquina de oxide corte sea pesada por lo que es necesario llevar un moderno control del equipo.

Esto es posible si se tiene la adecuada información -- del manejo eléctrico del motor y la conducción correcta del brazo cruzado y de todo el diseño.

Los más recientes diseñadores de control, consisten en perfiles de programas o cintas magnéticas. Se basa en un control numérico por medio del cual todas las operaciones serán llevadas a cabo automáticamente.

Las instrucciones pueden ser perforadas en una cinta -- por medio de pequeñas púas o cualquier otro sistema de lectura de fichas perforadas.

Un programa de instrucciones escrito en la cinta para una máquina de control numérico podría ser :

| | | | | | |
|----|---|-------|---|-------|------------|
| NC | X | 08000 | Y | 06000 | (X20 Y 15) |
| C | X | 08000 | Y | 14000 | (X20 Y 35) |
| NC | X | 16000 | Y | 06000 | (X40 Y 15) |
| C | X | 16000 | Y | 14000 | (X40 Y 35) |
| P | | | | | |

Se utiliza la abreviatura NC para la instrucción no -- cortar; C para la instrucción corte, y P para para da, aunque en un programa real se emplearían uno o más digitos (no letras), para dar a la máquina estas ins-- trucciones. Este ejemplo de un programa es muy corto-- y sólo necesitaría de unos 15 cm de cinta. El progra ma escrito en la cinta no debe contener errores. Si se escribiese un número equivocado, se pierde la pieza.

CAP. V REGLAS BASICAS DE SEGURIDAD

5.1 Protección Personal

- 1.- Ejecutar las operaciones de corte con gafas especiales para éste fin, cuidando que los cristales sean de sombra adecuada.
- 2.- La cabeza y el cabello debe estar lo suficientemente protegido con una gorra, casco, etc.
- 3.- Usar guantes y peto de cuero.
- 4.- Usar zapatos de seguridad y pantalones sin valenciana.
- 5.- Los bolsillos de la camisa deberán estar provistos de solapa y estar siempre cerrados.
- 6.- Usar camisa de manga larga;
- 7.- No utilizar nunca el oxígeno para sacudirse la ropa.
- 8.- El equipo deberá ser manejado con las manos y guantes limpios, exentos de grasas.

5.2 Cilindros

- 1.- Al transportar los cilindros se deberá asegurar que la válvula y el capuchón estén bien apretados.
- 2.- Nunca tratar de arreglar o reparar válvulas de los cilindros de gas.

- 3.- Cuando se use el oxígeno, deberá abrirse totalmente la válvula del cilindro.
- 4.- Cuando se use el cilindro de acetileno, deberá abrirse una vuelta completa como máximo.
- 5.- Jamás tratar de mezclar otro gas con el cilindro de oxígeno.
- 6.- Nunca intentar llenar un cilindro de acetileno, mezclarlo con otro gas, ni pasarlo de un cilindro a otro.
- 7.- Jamás usar oxígeno de los cilindros sin un regulador para oxígeno. (igualmente en acetileno).
- 8.- Mantener alejados los cilindros de las flamas, chispas y lugares demasiado calientes.
- 9.- Jamás usar el oxígeno cerca de materiales inflamables.
- 10.- No levantar los cilindros con magnetos eléctricos.
- 11.- Los cilindros de acetileno, deberán usarse y almacenarse en posición vertical.
- 12.- Mantener cerrados los cilindros si el equipo no está en operación.
- 13.- Nunca almacenar juntos los cilindros de oxígeno y de acetileno.

5.3 Mangueras

- 1.- Purgar el aire de la manguera del acetileno antes de encender el soplete, si el equipo no fué usado en varios días.
- 2.- Proteger siempre las mangueras contra pisadas o paso de ruedas por encima, evitar los dobleces.
- 3.- Proteger las mangueras de chispas, escoria y objetos calientes y flama viva.
- 4.- No permitir que las mangueras estén en contacto con grasas o aceites.
- 5.- Al terminar la jornada, liberar siempre las mangueras de cualquier presión.
- 6.- Todas las mangueras deberan examinarse con cuidado periódicamente para evitar fugas, - desgastes y conexiones sueltas.
- 7.- No reparar las mangueras con cinta.

5.4 Soplete

- 1.- La manguera de oxígeno debe conectarse en la terminal del soplete correspondiente.
- 2.- Atornillar la boquilla de corte sin apretar demasiado.
- 3.- Si se requiere cambio de soplete, cerrar la válvula del regulador de presión,

- 4.- Para limpiar el orificio de la boquilla, --- usar siempre el limpiador de brocas especiales con el calibre adecuado a la boquilla.
- 5.- No tratar de alterar una boquilla para ajustar el receptáculo de un soplete.
- 6.- Para encender un soplete, deberá abrirse inicialmente la válvula de acetileno, encenderla y abrir después la de oxígeno.
- 7.- Usar un encendedor de fricción ó Flama piloto para encender el soplete.
- 8.- Para apagar el soplete se deberá cerrar primero la válvula del acetileno.
- 9.- Cuando se presente un retroceso de flama² y ésta llegue a las mangueras, se deberá desechar la manguera dañada.
- 10.- Cuando se utilice una manguera nueva, deberá retirarse el polvo de protección (talco), antes de usarla.
- 11.- ~~Las mangueras deberán almacenarse en lugares~~ fríos, evitando anaqueles grasosos.

5.5. Generales

- 1.- Nunca cortar en lugares cerrados.
- 2.- No forzar las conexiones que no ajusten.
- 3.- Asegurarse de que todas las conexiones de todo el equipo estén bien apretadas.
- 4.- Usar jabón y agua para localizar fugas.

- 5.- Usar empaques recomendados por el fabricante evitando los dudosos.
- 6.- Usar respirador al cortar materiales recubiertos o que contengan plomo, cinc, mercurio, cadmio, berilio. (igualmente en latones y bronces).

5.6 Ductos

Dependiendo del tamaño y características del lugar donde se utilicen, los gases combustibles, comburentes o inertes; deben ser conducidos con seguridad por conductos adecuados, ya sea flexibles o por tuberías e instalaciones fijas o semifijas, calculadas de tal forma que cumplan con ciertas reglas básicas de diseño y seguridad que se mencionan a continuación :

A.- Los ductos, ya sea mangueras o tuberías deben ser lo más corto posibles, entre el cilindro, tubería maestra o termos y el soplete.

Los gases como cualquier fluido, pierden presión, velocidad y flujo si se conducen por ductos muy largos, dificultando la regulación correcta del equipo de corte.

B.- Los ductos o mangueras deben ser del diámetro adecuado y este debe ser constante o lo más constante posible, en toda su longitud.

Las obstrucciones, cambios de diámetro interior, estre

chamientos, exceso de conexiones, etc., a lo largo del ducto provocan los mismos efectos del punto anterior, obligando a aumentar la presión en los reguladores para compensar la pérdida de presión y estabilizar el flujo.

C.- Los gases en estos ductos, se conducen a presiones medianas; del orden de 15 Kg/cm^2 (225 lb/pulg^2), como máximo. Las mangueras son fabricadas con hules especiales de uso rudo al exterior, con una o dos capas de refuerzo y de hule estabilizado en el interior. Deben tener una rigidez suficiente para evitar se aplasten con facilidad o se estrechen al doblarlas, reduciendo con ello el flujo de los gases.

Las mangueras estándar resisten los 15 Kg/cm^2 , y tienen un diámetro interior de $\frac{1}{4}$ de pulg (6.35 mm), aproximadamente, y la capa exterior es según el código de colores, verde para el oxígeno y gases inertes, y roja para las que conducen gases combustibles.

Las conexiones son de latón y están roscadas hacia la derecha para los gases inertes y el oxígeno, y a la izquierda para gases combustibles.

Esas reglas básicas de seguridad fueron proporcionadas por cortesía del Centro de Capacitación Técnica (el cual no opera actualmente) de la Cía. Infra S.A.

C O N C L U S I O N E S

Originalmente, debía existir un capítulo No. V , intitulado "Perspectiva Nacional" , pero resulta que no existe ningún estudio, proyecto ni algo que se le parezca, y diera la pauta a seguir para formar parte de ese capítulo V .

Resulta que a los industriales, sólo les interesa obtener utilidades inmediatas, es por ello que prefieren importar tecnología de hace 20 años. Aunado a esto, se da el que existe un convenio de tecnología, el cual en alguna cláusula específica que no deberá cambiarse de sitio ni siquiera un tornillo, y éste convenio aún no vence. (Fuente directa INFRA S.A.)

Otro punto negativo, es el que no se otorgue la debida importancia al control de calidad. Primeramente, no existen estadísticas o algún estudio con proyección de la demanda para el oxígeno empleado en oxicorte, (aunque estimativamente se cree que es del orden de un 60-70 % del consumo industrial nacional). Este dato tan alto, es debido al hecho de que en la soldadura, éste oxígeno, ha venido siendo sustituido paulativamente -- por el argón o por el auge de la soldadura eléctrica, lo que limita el uso del oxígeno cada día más.

El gas combustible que más se emplea en México, es el butano (esto en oxicorte), y cada día cobra más auge -- por su bajo costo, ya que el industrial no se detiene a razonar, esto es un error, ya que a diferencia del acetileno, el butano nos proporciona una menor calidad

y velocidad de corte. Algo alentador es el hecho de que una Cía, de capital absolutamente mexicano, "Infra" sea la que ocupe el número uno en el mercado nacional en venta de gases, electrodos y equipos de corte (a pesar de que ésta última producción sea de una filial de Infra).

Esto es otro problema, ya que nuestros industriales -- prefieren comprarle a una compañía, que se denomine "Smith's", que a alguna que se denomine "Equipos Nacionales", es por ello que las filiales de Infra, se denominan "Harris", "Arc Welding", etc., ya que así logran un mayor impacto de mercado, comprobándose con ello la poca confianza que existe en lo nacional.

En el ramo de máquinas de corte, se tiene que todas proceden del extranjero, principalmente de E.U., Japón y Alemania.

El más avanzado proceso de corte a nivel industrial, el de plasma, no se emplea en México, debido a su complejidad y a su muy elevado consumo de energía eléctrica, el industrial piensa que no es rentable, tanto por el costo nacional, como por la falta de personal calificado.

En la industria automotriz nacional, (la VW), si se cuenta con robots de corte, debido a su elevada producción. En cambio para un pequeño taller o mediana industria, no es recomendable la compra de una máquina para efectuar cortes circulares por ejemplo, la que le proporcionaría 100 cortes/día, cuando sus requerimientos son de 5-10 cortes/día. Veamos algunos costos :

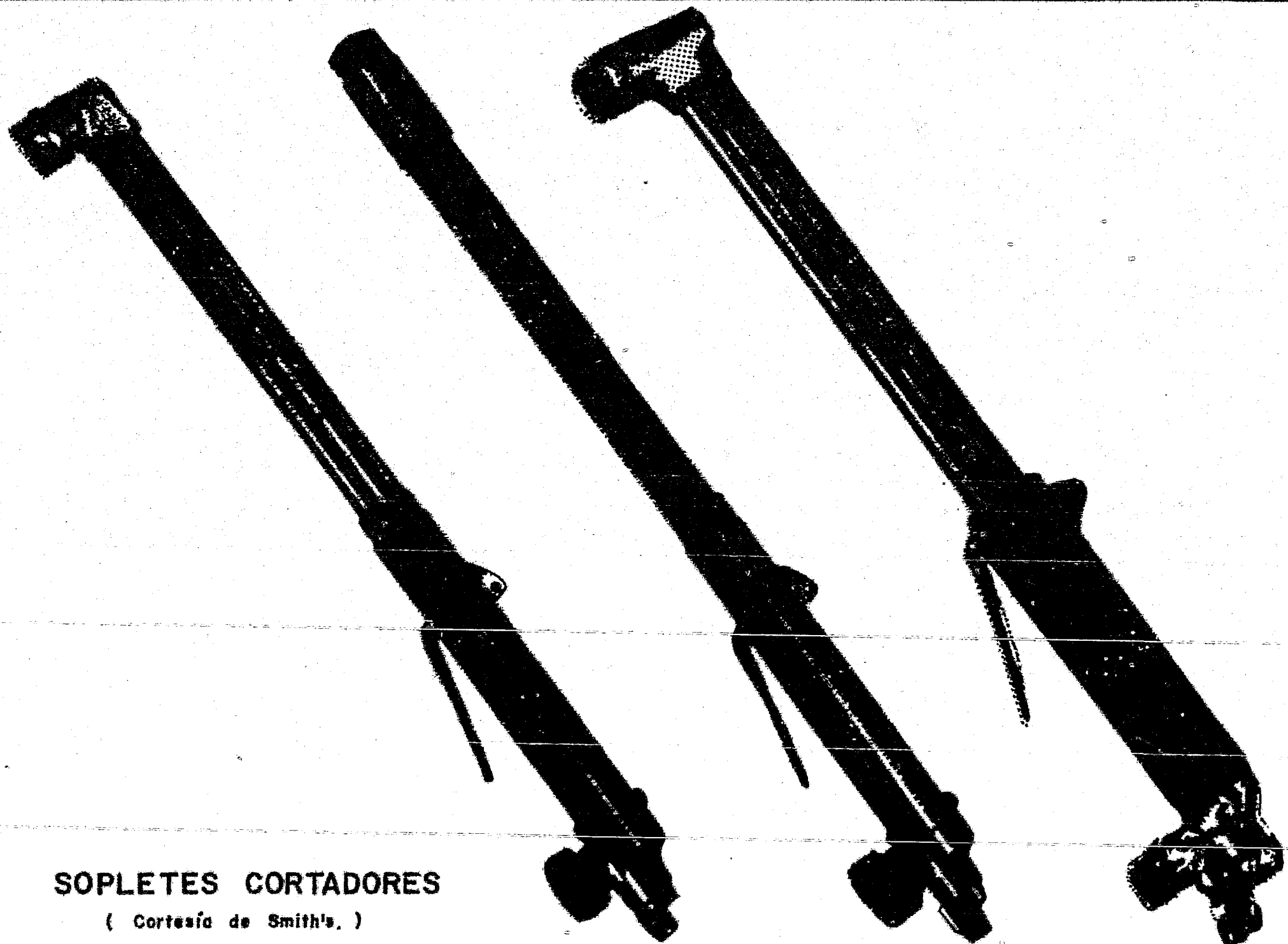
| | (Pesos) |
|--|--------------------------|
| Máquina Portátil (corte circular) | \$ 185,000.00 |
| " " (corte recto) | \$ 80,000.00 |
| Pantógrafos (dependiendo de las dimensiones de la mesa de trazo) | Desde \$ 372,000.00 |
| | Hasta \$ 3 1/2 Millones. |
| (Costos al 30 de Octubre 82') | |

Por tratarse de maquinaria importada, el futuro del oxicorte se vislumbra amenazado por la actual situación cambiaria, ya que si anteriormente el mercado del oxicorte era impredecible, ahora lo es más.

Algunas Cías. cuentan con intentos de Centros de Capacitación, en el área del oxicorte, pero actualmente no funcionan "por falta de presupuesto", o sus fines son más bien lucrativos que tecnológicos.

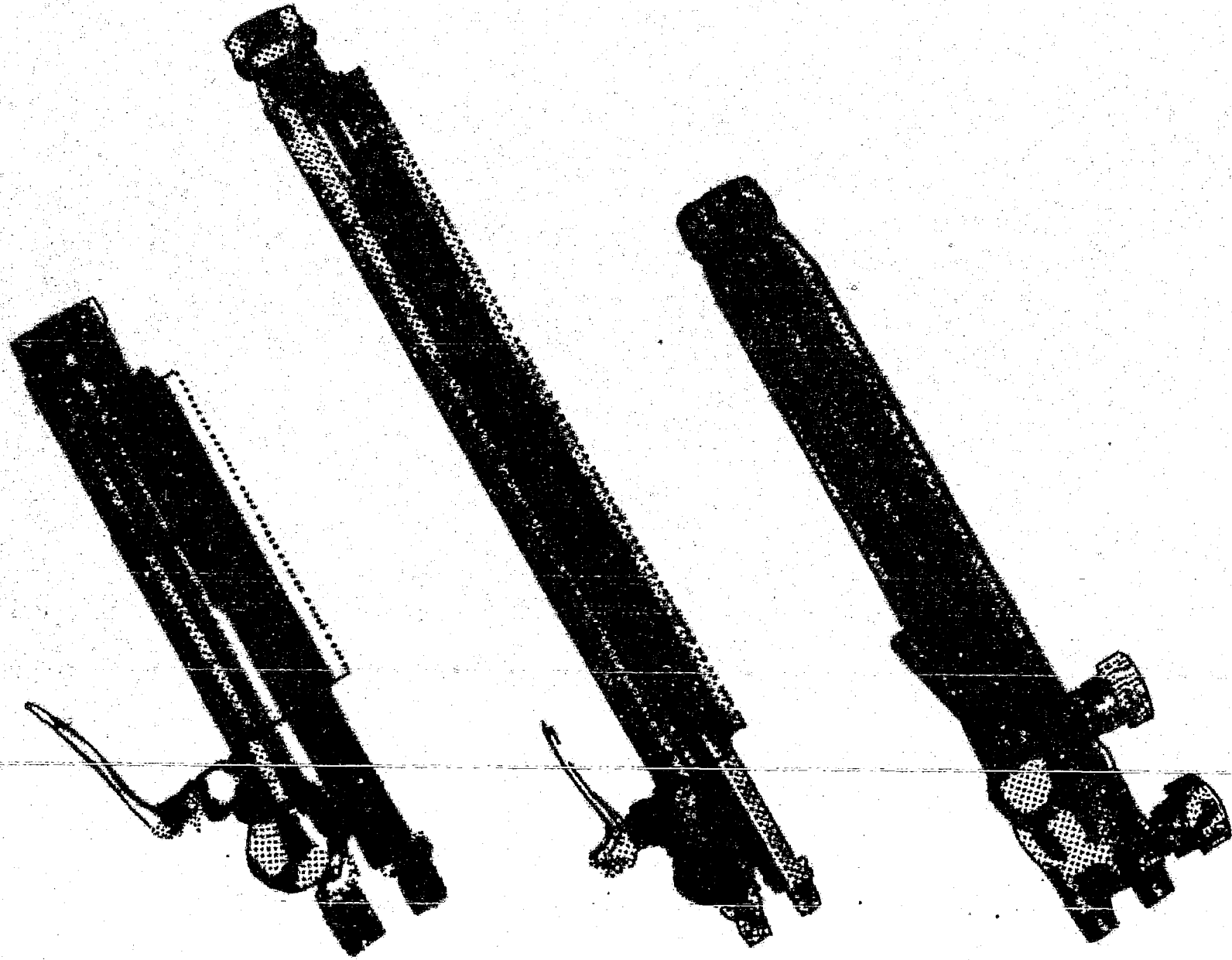
B I B L I O G R A F I A

- (1) Welding Handbook
American Welding Society
Fifth edition, Seccion three, 1965, 47.1-47.35.
- (2) Soldadura y corte de metales
M. Janapepov
1a. edición, 1978, Edit. Mir, 120-122
- (3) Ciencia y técnica de la soldadura
J. palton
1a. edición, 1976, Edit. Urmo, 360-366.
- (4) Special features of the oxi-gas of thick metals
I. K. Marchenko; et al
Weld. Prod. (USSR), Apr. 1980, 27, (4), 28-31.
- (5) Reynolds metals cuts time, cost with oxigen-cutt
Weld, J, sept, 1969, 48, 9, 732-733
- (6) A survey of the underwater cutting of metals
F. Goldberg
Sond. Tech. Connexes, Nov-Dec. 1978, 32 (11/12), 443.
- (7) Characteristics of múltiple-jet O cutting of metals
A. K. Ninburg
Weld. Prod, May 1973, 20 (5), 57-60.
- (8) Las soldaduras
D. Seferian
1a. edición, 1970, Edit. Urmo, 422-425.



SOPLETES CORTADORES

(Cortesía de Smith's.)



SOPLETES MECANICOS

(Cortesía de Smith's.)

| Espesor del metal. (mm.) | Tamaño de la boquilla. | Presión en el regulador | | Consumo | | Velocidad de corte. (cm./min.) | Ancho de la ranura. (mm.) | Brocas limpiadoras orificio de corte. |
|-----------------------------|------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|
| | | Oxígeno (Kg./cm. ²) | Butano (Kg./cm. ²) | Oxígeno (M. ³ /H.) | Butano (M. ³ /H.) | | | |
| 6.35 | 0 | 2.1 | 0.35 | 2.46 | .36 | 55.9 | 1.39 | 32 |
| 9.5 | 0 | 2.46 | 0.35 | 2.74 | .36 | 50.8 | 1.39 | 32 |
| 12.7 | 1 | 2.46 | 0.42 | 4.10 | .42 | 48.2 | 2.03 | 56 |
| 15.9 | 1 | 2.81 | 0.42 | 4.58 | .42 | 43.1 | 2.03 | 56 |
| 19.0 | 2 | 2.53 | 0.42 | 4.95 | .42 | 40.6 | 2.41 | 54 |
| 25.4 | 2 | 2.88 | 0.42 | 5.25 | .42 | 38.5 | 2.41 | 54 |
| 31.8 | 2 | 3.58 | 0.42 | 5.94 | .45 | 33.0 | 2.41 | 54 |
| 38.1 | 3 | 2.95 | 0.42 | 6.93 | .45 | 30.4 | 2.54 | 51 |
| 50.8 | 3 | 3.30 | 0.42 | 7.21 | .45 | 25.4 | 2.54 | 51 |
| 63.5 | 4 | 2.67 | 0.42 | 8.91 | .45 | 22.8 | 3.17 | 45 |
| 76.2 | 4 | 3.09 | 0.42 | 9.62 | .45 | 20.3 | 3.17 | 45 |
| 101.6 | 4 | 3.79 | 0.42 | 11.18 | .48 | 17.7 | 3.17 | 45 |
| 127.0 | 5 | 3.93 | 0.42 | 14.15 | .48 | 17.7 | 3.81 | 41 |
| 152.5 | 5 | 4.71 | 0.42 | 15.99 | .48 | 15.2 | 3.81 | 41 |
| 203.5 | 5 | 5.48 | 0.49 | 18.11 | .56 | 13.9 | 3.81 | 41 |
| 254. | 6 | 5.83 | 0.56 | 27.44 | 1.41 | 12.7 | 5.15 | 32 |
| 305. | 6 | 8.78 | 0.84 | 35.52 | 1.69 | 11.4 | 5.64 | 32 |
| 356. | 7 | 7.03 | 1.40 | 44.72 | 1.75 | 10.1 | 6.35 | 28 |
| 406. | 8 | 6.67 | 1.26 | 53.08 | 2.26 | 8.9 | 7.62 | 17 |
| 457. | 8 | 8.08 | 1.40 | 62.28 | 2.40 | 8.9 | 8.63 | 17 |
| 508. | 9 | 7.73 | 1.61 | 72.75 | 2.54 | 7.6 | 8.89 | 3 |

Tabla No. 1.- Las presiones mostradas son para 15 mts. de manguera de 9.52 mm. de diámetro interior, para largos mayores las presiones deberán ser incrementadas. Para cortes con boquillas SC-50-A 6,7,8 y 9 se recomienda utilizar 2 cilindros de gas butano.(Cortesía de Smith's.)

| Espesor del metal. (mm.) | Tamaño de la boquilla. | Presión en el regulador | | Consumo | | Velocidad de corte. (cm./min.) | Ancho de la ranura. (mm.) | Brocas limpiadoras | |
|-----------------------------|------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|--------------------|-------------------------------|
| | | Oxígeno (Kgs./cm. ²) | Acetileno (Kgs./cm. ²) | Oxígeno (M. ³ /H) | Acetileno (M. ³ /H) | | | Orificio de corte. | Orificio de precalentamiento. |
| 6.35 | 0 | 2.1 | .28 | 1.34 | .19 | 55.9 | 1.39 | 62 | 74 |
| 9.5 | 0 | 2.46 | .28 | 1.62 | .19 | 50.8 | 1.39 | 62 | 74 |
| 12.7 | 1 | 2.46 | .28 | 2.43 | .26 | 48.2 | 2.03 | 56 | 71 |
| 15.9 | 1 | 2.81 | .28 | 2.71 | .26 | 43.1 | 2.03 | 56 | 71 |
| 19.0 | 2 | 2.53 | .28 | 3.31 | .29 | 40.6 | 2.41 | 54 | 70 |
| 25.4 | 2 | 2.88 | .28 | 3.59 | .29 | 35.5 | 2.41 | 54 | 70 |
| 31.8 | 2 | 3.58 | .28 | 4.16 | .29 | 33.0 | 2.41 | 54 | 70 |
| 38.1 | 3 | 2.95 | .35 | 5.20 | .33 | 30.4 | 2.54 | 51 | 68 |
| 50.8 | 3 | 3.30 | .35 | 5.49 | .33 | 25.4 | 2.54 | 51 | 68 |
| 63.5 | 4 | 2.67 | .35 | 7.21 | .36 | 22.8 | 3.17 | 45 | 62 |
| 76.2 | 4 | 3.09 | .35 | 7.92 | .36 | 20.3 | 3.17 | 45 | 62 |
| 101.6 | 4 | 3.79 | .35 | 9.37 | .39 | 17.7 | 3.17 | 45 | 62 |
| 127.0 | 5 | 3.93 | .42 | 12.71 | .71 | 17.7 | 3.81 | 41 | 60 |
| 152.5 | 5 | 4.71 | .42 | 14.55 | .71 | 15.2 | 3.81 | 41 | 60 |
| 203.5 | 5 | 5.48 | .42 | 18.41 | .73 | 13.9 | 3.81 | 41 | 60 |
| 254 | 6 | 5.83 | .42 | 22.13 | .79 | 12.7 | 5.15 | 32 | 60 |
| 305 | 6 | 8.78 | .42 | 28.50 | .79 | 11.4 | 5.84 | 32 | 60 |
| 356 | 7 | 7.03 | .49 | 36.35 | .84 | 10.1 | 6.35 | 28 | 56 |

Tabla No. 2.- Las presiones mostradas son para 7.5 mts. de manguera de 6.35 mm. de diámetro interior, para largos mayores las presiones deberán ser incrementadas. (Cortesía de Smith's.)

DENSIDAD DE DIVERSOS MATERIALES

| Material | Gramos/cm ³ | Libras/ ft ³ |
|------------------------------|------------------------|-------------------------|
| Acero | 7.84 | 490 |
| Agua | 1 | 62.5 |
| Aluminio | 2.59 | 160 |
| Alquitrán | .99 | 62 |
| Arcilla suelta | 1.01 | 63 |
| Arena floja, seca | 1.44 a 1.7 | 90-106 |
| Arena bien apretada | 1.58-1.87 | 99-117 |
| Cal | .85 | 53 |
| Carbón a granel, antracita | .86 | 54 |
| Carbón a granel, bituminoso | .78 | 49 |
| Cemento americano, Rosendale | .90 | 56 |
| Cemento Portland | 1.44 | 90 |
| Cobre | 8.8 | 550 |
| Cuarzo | 2.65 | 165 |
| Estafío | 7.28 | 455 |
| Grava seca, suelta | 1.44-1.7 | 90-106 |
| Grava bien apretada | 1.58-1.87 | 99-117 |
| Hielo | .94 | 58.7 |
| Hierro fundido | 7.20 | 450 |
| Hierro laminado | 7.68 | 480 |
| Hormigón | 2.47 | 154 |
| Ladrillo prensado | 2.40 | 150 |

| Material | g/cm ³ | Lb/ft ³ |
|---|-------------------|--------------------|
| Ladrillo ordinario, duro | 2 | 125 |
| Latón | 8.19 | 512 |
| Madera de abeto seca | .4 | 25 |
| Madera de arce, seca | .78 | 49 |
| Madera de caoba, seca | .85 | 53 |
| Madera de castaño, seca | .66 | 41 |
| Madera de cerezo, seca | .67 | 42 |
| Madera de fresno, seca | .61 | 38 |
| Madera de nogal negro, seca | .61 | 38 |
| Madera de nogal americano, seca | .85 | 53 |
| Madera de olmo, seca | .56 | 35 |
| Madera de pinabete (ciuta), seca | .4 | 25 |
| Madera de pino blanco, seca | .4 | 25 |
| Madera de pino amarillo, seca | .54-.72 | 34-45 |
| Madera de roble blanco seca | .8 | 50 |
| Madera de roble ,otras clases, seca | .51-.72 | 32-45 |
| Madera de sicomoro, seca | .59 | 37 |
| Madera de la vida, (lignum vitae), seca | 1.33 | 83 |
| Mampostería, bien hecha | 2.64 | 165 |
| Mampostería ordinaria, de cascote | 2.21 | 138 |
| Mortero fraguado | 1.65 | 103 |
| Nieve recién caída | .08-.19 | 5-12 |
| Nieve compacta | .24-.80 | 15-50 |
| Níquel | 8.78 | 549 |
| Oro | 19.3 | 1206 |

| Material | g/cm ³ | lb/ft ³ |
|-----------------------------|-------------------|--------------------|
| Piedra arenisca | 2.42 | 151 |
| Piedra caliza | 2.69 | 168 |
| Piedra gnefítica | 2.69 | 168 |
| Piedra granito | 2.72 | 170 |
| Piedra de mármol | 2.69 | 168 |
| Piedra pizarra | 2.8 | 175 |
| Piedra pizarra de esquistos | 2.59 | 162 |
| Plata | 10.51 | 657 |
| Plomo | 11.36 | 710 |
| Tierra marga común | 1.22 | 76 |
| Tierra empacada ó ensacada | 1.52 | 95 |
| Zinc | 7.02 | 438 |

RELACIONES ENTRE COLOR Y TEMPERATURA DEL HIERRO Y ACERO

| COLOR | G R A D O S | |
|--------------------|-------------|------|
| | °C | °F |
| Rojo Oscuro | 482 | 900 |
| Rojo Sangre | 560 | 1050 |
| Rojo Cerezo Oscuro | 635 | 1175 |
| Rojo Cereza Medio | 677 | 1250 |
| Rojo Cereza | 746 | 1375 |
| Rojo Subido | 843 | 1550 |
| Salmón | 899 | 1650 |
| Anaranjado | 941 | 1725 |
| Limón | 996 | 1825 |
| Amarillo Tenue | 1079 | 1975 |
| Blanco | 1204 | 2200 |

PROPIEDADES DE COMBUSTION DE LOS GASES

| <u>TIPO COMBUSTIBLE</u> | <u>TEMPERATURA IGNICION</u> | <u>PROP. DE O₂ (mol)</u> | <u>VEL/PIES/SEG COMBUSTION</u> | <u>BTU/PIES³ PODER CALORIFICO</u> | <u>TEM. DE LA LLAMA NEUTRA Y O₂ PURO</u> |
|-------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|--|---|
| Hidrogeno | | 0.5 | 58 | 268 | 4800 |
| Acetileno | | 1.1 | 29 | 1468 | 5900 |
| Mapp | | 3.0 | 14 | 2417 | 5400 |
| Propano | 800 900° F | 3.9 | 11 | 2309 | 5200 |
| Butano | | 4.1 | 10 | 2514 | 5100 |
| Metano | | 1.8 | 14 | 1200 | 4900 |
| Gas Natural | | 2.0 | 10 | 1000 | 4700 |

TEMPERATURAS DE PRECALENTAMIENTO OPTIMAS PARA ALGUNOS ACEROS EN LA OPERACION

DE OXICORTE

| <u>METAL</u> | <u>DESIGNACION</u> | <u>% C</u> | <u>TEMPERATURA ° C</u> | <u>NOTAS</u> |
|--------------------------------------|---------------------|-------------|------------------------|---|
| Aceros al Carbono | Aceros sin Aleación | .20 Máx | 100 Máx. | Ventajas del precalentamiento. 1. No hay peligro de formación de grietas. |
| | | .20 - .30 | 100 - 150 | |
| | | .30 - .45 | 150 - 250 | |
| | | .45 - .80 | 250 - 400 | |
| Aceros al Carbono Molibdeno | Aceros al Molibdeno | .10 - .20 | 150 - 250 | 2. Reduce la distorsión. |
| | | .20 - .30 | 200 - 300 | |
| | | .30 - .35 | 250 - 400 | |
| Aceros al Manganeso | DGN-1330 | .28 - .33 | 200 - 300 | 3. Reduce los esfuerzos de <u>con</u> tracción. Condiciones de trabajo y características que implican <u>precalen</u> tamiento. |
| | DGN-1340 | .38 - .43 | 250 - 400 | |
| | DGN-1350 | .48 - .53 | 300 - 500 | |
| | Hadfield 14% Mn | 1.00 - 1.30 | No | |
| Aceros al Niquel | DGN-2015 | .10 - .20 | 300 Máx. | 1. Entre má grande sea la masa de la parte. 2. Diferencia de temperaturas entre las piezas por soldar 3. En tiempo de invierno. 4. Entre más delgado sea el <u>elec</u> trodo. |
| | DGN-2115 | .10 - .20 | 100 - 150 | |
| | DGN-2315 | .12 - .17 | 100 - 150 | |
| | DGN-2320 | .18 - .23 | 100 - 250 | |
| | DGN-2330 | .28 - .33 | 150 - 300 | |
| | DGN-2340 | .38 - .43 | 200 - 350 | |
| Aceros baja Aleación al Cromo-Niquel | DGN-3115 | .12 - .17 | 100 - 200 | |
| | DGN-3125 | .22 - .27 | 150 - 250 | |
| | DGN-3130 | .28 - .33 | 200 - 350 | |
| | DGN-3140 | .38 - .43 | 250 - 400 | |
| | DGN-3150 | .48 - .53 | 300 - 450 | |
| | DGN-3215 | .12 - .17 | 150 - 250 | |
| | DGN-3230 | .28 - .33 | 250 - 350 | |
| | DGN-3240 | .38 - .43 | 350 - 550 | |

| | | | | |
|---|-------------------|------------|-----------------------------|--|
| | DGN-3250 | .48 - .53 | 450 - 600 | 5. Entre mayor sea la velocidad de soldadura. |
| | DGN-3315 | .12 - .17 | 250 - 350 | |
| | DGN-3325 | .22 - .27 | 450 - 600 | |
| | DGN-3455 | .32 - .37 | 450 - 600 | 6. Entre mayor contenido de carbono. |
| | DGN-3453 | .48 - .53 | 450 - 600 | |
| Aceros de Baja Aleación al Cr-Mo y Cr-Ni-Mo | DGN-4140 | .38 - .43 | 300 - 400 | 7. Entre más alto sea el contenido de manganeso, excepto el tipo Hadfield. |
| | DGN-4340 | .38 - .43 | 350 - 450 | |
| | DGN-4615 | .12 - .17 | 200 - 300 | |
| | DGN-4630 | .28 - .33 | 250 - 350 | 8. Entre mayores contenidos de aleación, excepto los inoxidables austeníticos Cr-Ni. |
| | DGN-4640 | .38 - .43 | 300 - 400 | |
| Aceros al Bajo Cromo-Molibdeno | 2 Cr-1/2 Mo | .15 - máx. | 200 - 300 | 9. Entre más alta sea la templeabilidad. |
| | 2 Cr-1/2 Mo | .15 - .25 | 250 - 400 | |
| | 2 Cr-1 Mo | .15 - máx. | 250 - 350 | |
| | 2 Cr-1 Mo | .15 - .25 | 300 - 400 | 10. Entre más complicada sea la configuración de la pieza. |
| Aceros al medio Cr-Mo | 5-Cr-1/2Mo | .15 máx. | 300 - 450 | |
| | 5 Cr-1/2 Mo | .15 - .25 | 350 - 500 | |
| | 8 Cr-1 Mo | .15 máx. | 350 - 500 | |
| Aceros al Alto Cromo | DGN-410-13% Cr | .15 máx. | 200 - 300 | |
| | DGN-430-17% Cr | .15 máx. | 200 - 300 | |
| | DGN-446-28% Cr | .15 máx. | 200 - 300 | |
| Aceros inoxidables al alto cromo-niquel | DGN-304-18Cr-8Ni | .08 máx. | No | |
| | DGN-309-25Cr-12Ni | .20 máx. | requieren precalentamiento. | |
| | DGN-310-25Cr-20Ni | .25 máx. | | |
| | DGN-347-18-8, Cb | .08 Máx. | | |
| | DGN-316-18-8, 3Mo | .08 máx. | | |
| | DGN-317-18-8, 4Mo | .08 máx. | | |

ESCALAS DE TEMPERATURAS DE FUSION

| INDICACIONES | °F | ESCALA DE COLOR | °C | METALES PUROS Y ALEACIONES ESPECIFICAS |
|-------------------------------------|------|-----------------|------|--|
| | 3240 | | 1800 | |
| | 3092 | | 1700 | |
| DULCE IONES DEL Y AL Cr | 2912 | | 1600 | CRONO |
| | 2732 | | 1500 | HIERRO PURO |
| | 2552 | | 1400 | INOXIDABLE 12%Cr |
| | 2372 | | 1300 | HIERRO DULCE COBALTO NIQUEL SILICIO |
| FUNDIDO | 2192 | BLANCO | 1200 | INOXIDABLE 18-8 ACERO PURO INCOCEL |
| | 2012 | AMARILLO CLARO | 1100 | KOHEL MANGANESO |
| | 1832 | AMARILLO | 1000 | ESTELITE MARTEZ |
| S | 1652 | ROJO BRILLANTE | 900 | COBRE ORO |
| | 1472 | CEREZA | 800 | LATON ROJO EVERDUR |
| IONES MINIO | 1292 | CEREZA MEDIO | 700 | PLATA |
| | 1112 | CEREZA OSCURO | 600 | LATON AMARILLO BRONCE-TOBIN |
| | 932 | ROJO SANGRE | 500 | BRONCE, MANGANES |
| IONES GNESIO | 752 | | 400 | ALUMINIO MAGNESIO |
| | 572 | | 300 | ANTIMONIO CINC |
| IONES ONIO | 392 | | 200 | PLONIO PAUBIT |
| | 212 | | 100 | ESTARNO |