



SECRETARIA DE TRABAJO Y PREVISION

COMISION NACIONAL DE APRENDIZAJE Y ORIENTACION PROFESIONAL

(Ley 19921 - Titulos LXXVI y LXXVIII)

# Tecnología

---

de Utiles y Máquinas

1

BUENOS AIRES

1 9 4 8

## TRATAMIENTO TERMICO

## 1. ¿Qué es el acero?

R: El acero es una aleación de hierro y carbono. Además, contiene otros elementos como el silicio, fósforo, azufre, manganeso y cromo.

## 2. ¿Cómo pueden clasificarse los aceros?

R: Los aceros pueden clasificarse, en general, en aceros al carbono y aceros de aleación. Un acero al carbono es un acero cuyas propiedades se deben principalmente a la cantidad variable de carbono que contiene, sin cantidades apreciables de otros elementos. Cuando un acero contiene un 0,20 % o menos de carbono, puede denominárselo acero de bajo carbono, y acero intermedio cuando el contenido de carbono es de un 0,20 a un 0,60 %. Cuando el contenido es mayor, trátase ya de un acero de alto carbono (de 0,60 a 1,30 %). Un acero de aleación es un acero al cual se ha añadido al carbono algún otro elemento para mejorar o cambiar sus propiedades físicas.

## 3. ¿Cómo se designan los distintos tipos de aceros?

R: Los técnicos de la firma norteamericana Ford Motor Co., designan con letras algunos tipos de aceros. Por ejemplo, el acero "A" es un acero de aleación de bajo carbono; el "AAA" es un acero intermedio; el "RR" es un acero de alto carbono para herramientas. A otros tipos de aceros se les da nombres tales como acero "no contráctil" al cromo, acero Ford para trabajar en caliente, acero para moldear en matriz, etc. El acero en barras se identifica mediante colores pintados en el extremo de cada barra. Numerosas otras firmas emplean el sistema de numeración S A E para identificar los aceros.

## 4. ¿Qué es un acero de bajo carbono?

R: Un acero de bajo carbono es un acero que no contiene suficiente carbono como para que se endurezca en grado apreciable cuando se lo calienta a determinada temperatura enfriándolo luego por inmersión en agua, aceite o salmuera. Puede tratarse al calor para aumentar su resistencia a la tracción o cementarse para mejorar sus condiciones de resistencia al desgaste. Algunos aceros de bajo carbono son: acero para maquinaria, acero laminado en frío y

acero "GG". Entre las piezas que pueden fabricarse con este acero, pueden mencionarse las siguientes: abrazaderas, cojinetes de empuje o axiales, placas-peine, pernos, tuercas, arandelas y otras piezas cuyas superficies no se hallan sometidas a desgaste continuo. En cambio, cuando se requieren superficies más sufridas y un núcleo de mediana dureza, el acero de bajo contenido de carbono puede endurecerse superficialmente mediante los procedimientos de cianuración, carburación o recocido.

## 5. ¿Qué es un acero de contenido medio de carbono?

R: Un acero de contenido medio de carbono es un acero que contiene, aproximadamente, desde un 20 % hasta un 60 % de carbono. Los aceros "E", "EE", "EEE", "FFF", "H" y "L" son aceros de bajo contenido de carbono. Los aceros de bajo contenido de carbono se emplean para una gran variedad de fabricaciones, entre ellas las de tuercas, placas-peine, abrazaderas, cigüeñales, pasadores de cajas de molde, ejes de grúa, etc. Los aceros de contenido medio de carbono también se emplean extensamente para la fabricación en serie. Cuando es preciso tratarlos térmicamente, tales aceros pueden cianurarse o templarse directamente desde el horno.

## 6. ¿Qué son los aceros ricos en carbono?

R: Los aceros de alto contenido de carbono son aceros que contienen habitualmente desde un 0,70 % hasta 1,30 % de carbono. El acero para herramientas es un acero rico en carbono. El acero "RR", que contiene de 0,95 % a 1,05 % de carbono es el que se usa más en las fábricas Ford. La mayoría de las herramientas y partes móviles de máquinas, pernos de guía, matrices, punzones, calibres, bujes, puntas de torno, etc., se hacen de acero para herramientas. Estos aceros contienen suficiente carbono como para endurecerse; por lo tanto, pueden templarse y recocerse. Los tratamientos térmicos adecuados son los "Q", "QQ" y "SS".

## 7. ¿Qué son aceros de aleación?

R: Los aceros de aleación son aquellos que contienen algunos elementos de aleación tales como: cromo, vanadio, níquel, molibdeno, tungst-

teno, etc., los cuales, añadidos al hierro y al carbono, les da algunas propiedades peculiares que no poseen los aceros comunes. Se recurre a tales elementos de aleación para los siguientes fines: para lograr un grado mayor de dureza, para obtener aceros más fuertes o resistentes, para que el acero (aleado) conserve su forma y tamaño durante el proceso de recocido o para que su dureza se mantenga a elevadas temperaturas. El cromo, por lo general, se emplea para endurecer el acero; el níquel para aumentar su resistencia, en tanto que el tungsteno y el molibdeno se utilizan como agentes de endurecimiento y para aumentar la resistencia al calor de los aceros tratados, el manganeso para el incremento de su resistencia y el vanadio como purificador y para aumentar la resistencia a la fatiga (tensiones internas).

8. ¿Para qué se usan los aceros "A" y "AAA"?

R: El acero "A" se emplea para fabricar bujes de gran resistencia al desgaste, y grandes tornillos sin fin en los que la dureza de las superficies de contacto tiene una importancia mayor que la precisión, así como para secciones de poco espesor y piezas complicadas. Para lograr una superficie dura, el acero "A" debe ser cementado, endurecido y templado. El acero "AAA" se emplea para fabricar tornillos de gran resistencia, árboles de fresadora, ejes de rectificadora, tuercas, portamachos, pequeños engranajes y tornillos sin fin, piezas de máquinas, taladros, etc.

9. ¿Qué es un acero rápido?

R: Un acero rápido es un acero de aleación que se utiliza para la fabricación de fresas, herramientas cortantes forjadas, barrenas, escañadores, etc. Este acero contiene un alto porcentaje de tungsteno, cromo, vanadio y carbono. Tales elementos dan al acero la propiedad de conservar suficiente dureza a elevadas temperaturas para cortar metales.

10. Explique brevemente el objeto de algunas operaciones que comprende el tratamiento térmico.

R: La *normalización* del acero consiste en calentarlo uniformemente a una temperatura superior a las que habitualmente se emplean para el templado, enfriándolo luego naturalmente exponiéndolo al aire. Este tratamiento se utiliza para devolver al acero sus propiedades normales después de forjarlo y para corregir los efectos de un tratamiento térmico inadecuado.

El *recocido* es un calentamiento uniforme a una temperatura superior a las del templado, seguido por un enfriamiento adecuado. El *recocido* se emplea ya sea para ablandar una pieza

demasiado dura para ser trabajada a máquina o para volver a trabajar ("mecanizar") una pieza que ya ha sido templada. También se usa el recocido para eliminar tensiones internas provocadas por una excesiva mecanización. Tratándose de recocido, recomiéndase que las piezas se enfríen lentamente ya sea en el horno, o al aire libre.

El "*apagamiento*" es la operación que consiste en enfriar el acero rápidamente sumergiéndolo en un elemento adecuado tal como agua, salmuera, aceite, etc.

El "*revenido*" es la operación que consiste en volver a calentar una pieza que ya ha sido templada, con el objeto de eliminar las tensiones internas y aumentar la resistencia de la pieza. Toda la operación del revenido se lleva a cabo a temperaturas inferiores al punto crítico. La mejor manera de asegurar el revenido correcto de una pieza consiste en sumergirla en un baño de aceite o de nitrato básico, dentro de un recipiente "controlado" por un pirómetro (fig. 709).

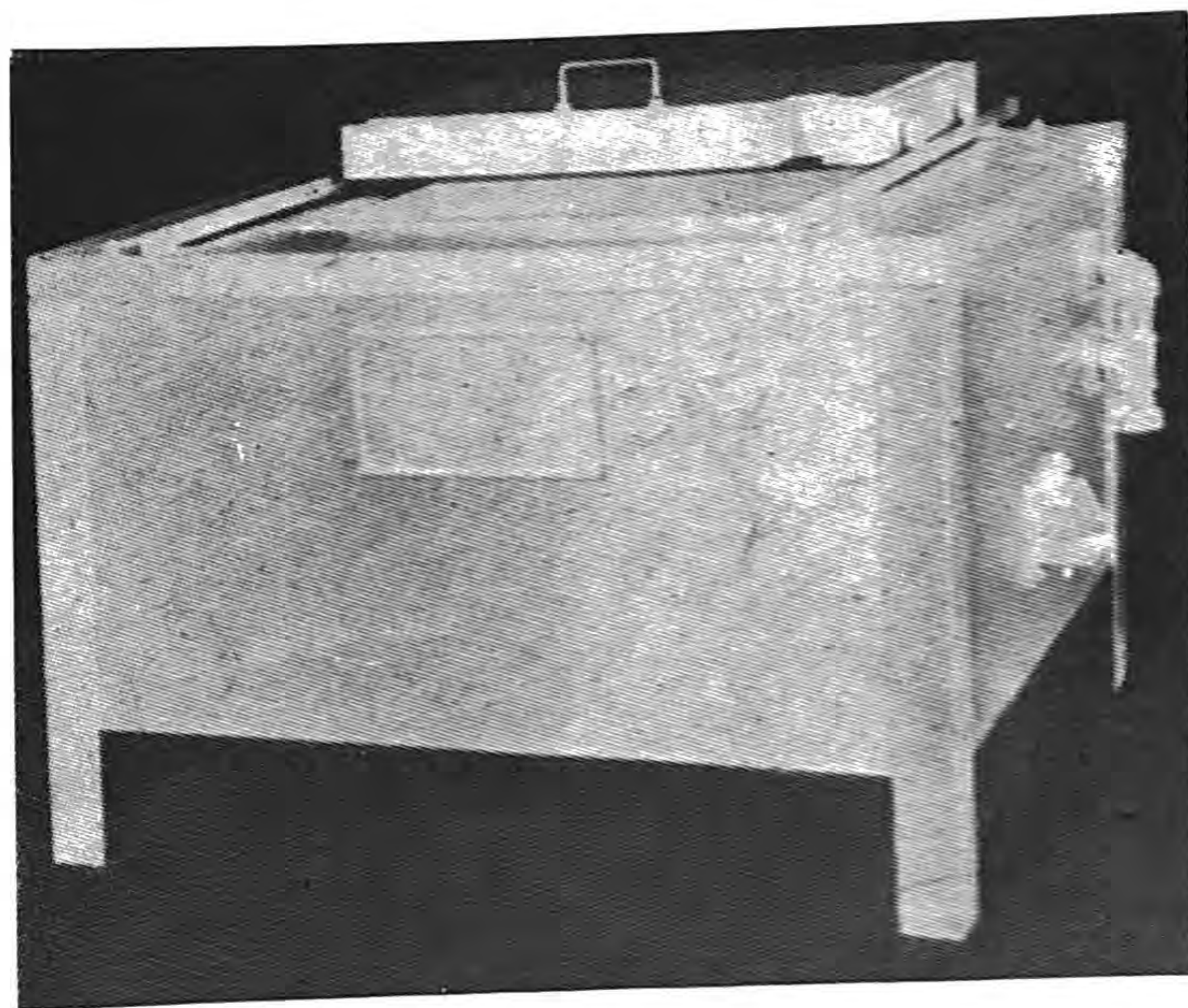


Fig. 709

También se suele vigilar el color del acero mientras se calienta en un horno abierto.

La siguiente tabla proporciona las temperaturas que se alcanzan de acuerdo con el color.

CUADRO DE COLORES Y TEMPERATURAS

Nº	Color	Temperatura
1	Amarillo de paja	360 a 375° F
2	Amarillo claro	420
3	Medio amarillo	460
4	Amarillo oscuro	490
5	Púrpura	525
6	Azúl	550 a 560
7	Azúl pálido	600

La operación denominada "strain draw" (*eliminación de tensiones*), en los talleres norteamericanos es un revenido bajo en aceite que se efectúa después del apagamiento, con el objeto de eliminar las tensiones internas y reducir la fragilidad que puede originar el choque producido por el súbito apagamiento. Las temperaturas que se usan habitualmente para esta operación van de 375 a 400 grados F.

**Cianuración (Impregnación).** Los aceros de bajo carbono (que no contienen más de un 20 % de carbono), no se endurecen cuando se los calienta a temperaturas superiores a sus puntos críticos correspondientes sumergiéndolos luego en un baño adecuado (apagamiento), de modo que antes de trabajarlos a máquina o laminarlos en frío, es preciso endurecer sus respectivas superficies. La cianuración se lleva a cabo manteniendo sumergida la pieza en un baño de cianuro de sodio de 5 a 30 minutos, de acuerdo con las dimensiones de la pieza y la profundidad de penetración que se desea. La pieza se sumerge luego en un baño de agua, salmuera o aceite, formándose una "cáscara" muy dura o recubrimiento de 0,010" a 0,015" de espesor. Esto se llama "cementación". También se utiliza otro método denominado "impregnación". La pieza se coloca en una caja de metal que contiene una mezcla de hueso pulverizado, cuero, carbón de madera y materiales carburizantes. La tapa de la caja se sella con tierra refractaria colocándose la caja en el interior de un horno durante algunas horas, a una temperatura de 1.700 grados F. La profundidad de penetración del carbono dependerá de la permanencia más o menos larga de la pieza dentro del horno. Cuando la operación se lleva a cabo correctamente, la pieza tendrá una superficie exterior bien dura y un núcleo blando.

11. ¿Qué se entiende por puntos críticos?

R: Los puntos críticos o temperaturas críticas son las temperaturas a las cuales se producen ciertos cambios definidos en las propiedades físicas del acero. Tales puntos críticos son de importancia, porque el tratar térmicamente una pieza de acero, debe calentársela a una temperatura superior al punto crítico correspondiente y luego sumergirla en un baño (apagamiento). Cuando se conocen los puntos críticos para un acero determinado, la temperatura del horno puede regularse por medio de un pirómetro. La figura 710 muestra un tipo de pirómetro que se utiliza en los hornos eléctricos.

No hace muchos años, los metalúrgicos solían observar el color de la pieza en el horno para determinar su temperatura. Un color rojo de cereza, tal vez, para el acero de herramienta y un color naranja y, a veces, un amarillo de limón, para el acero rápido, eran los colores que indicaban la temperatura correcta, según se creía

entonces. Dejábese así librado al azar, en gran parte, la estimación correcta de la temperatura habiéndose demostrado en forma concluyente que en los alrededores de 2.000 grados F podían producirse errores de estimación de unos 200 grados. Por consiguiente, es indispensable el uso del pirómetro y de la pila termoeléctrica para la estimación correcta de las temperaturas en el horno.

12. ¿Qué se entiende por tratamiento térmico de un metal?

R: El tratamiento térmico es un método por el cual se logra modificar las propiedades físicas de un metal. Las etapas principales son tres; a saber: el templado, el revenido y el recocido. La operación de templado consiste en calentar el metal a una temperatura superior a su punto crítico y luego "apagarlo" en un líquido conveniente como el agua, salmuera o aceite, etc. Después sigue la operación del revenido que consiste en volver a calentar el metal templado a una temperatura inferior al punto crítico, para lograr las propiedades físicas deseadas.

Los factores más importantes en el templado son: calentar a la temperatura correcta, calcular con exactitud la duración del calentamiento, elegir el líquido apropiado para el apagamiento y determinar la temperatura correcta de revenido. Para templar adecuadamente una pieza de acero, es preciso hacerlo cuando ésta se halla en estado de recocido o ablandamiento.

13. Nombre tres tipos de hornos que se utilizan para el tratamiento térmico de los metales.

R: Los hornos eléctricos, o calentados a gas o a petróleo son los hornos que se emplean más comunmente para el tratamiento térmico de los metales.

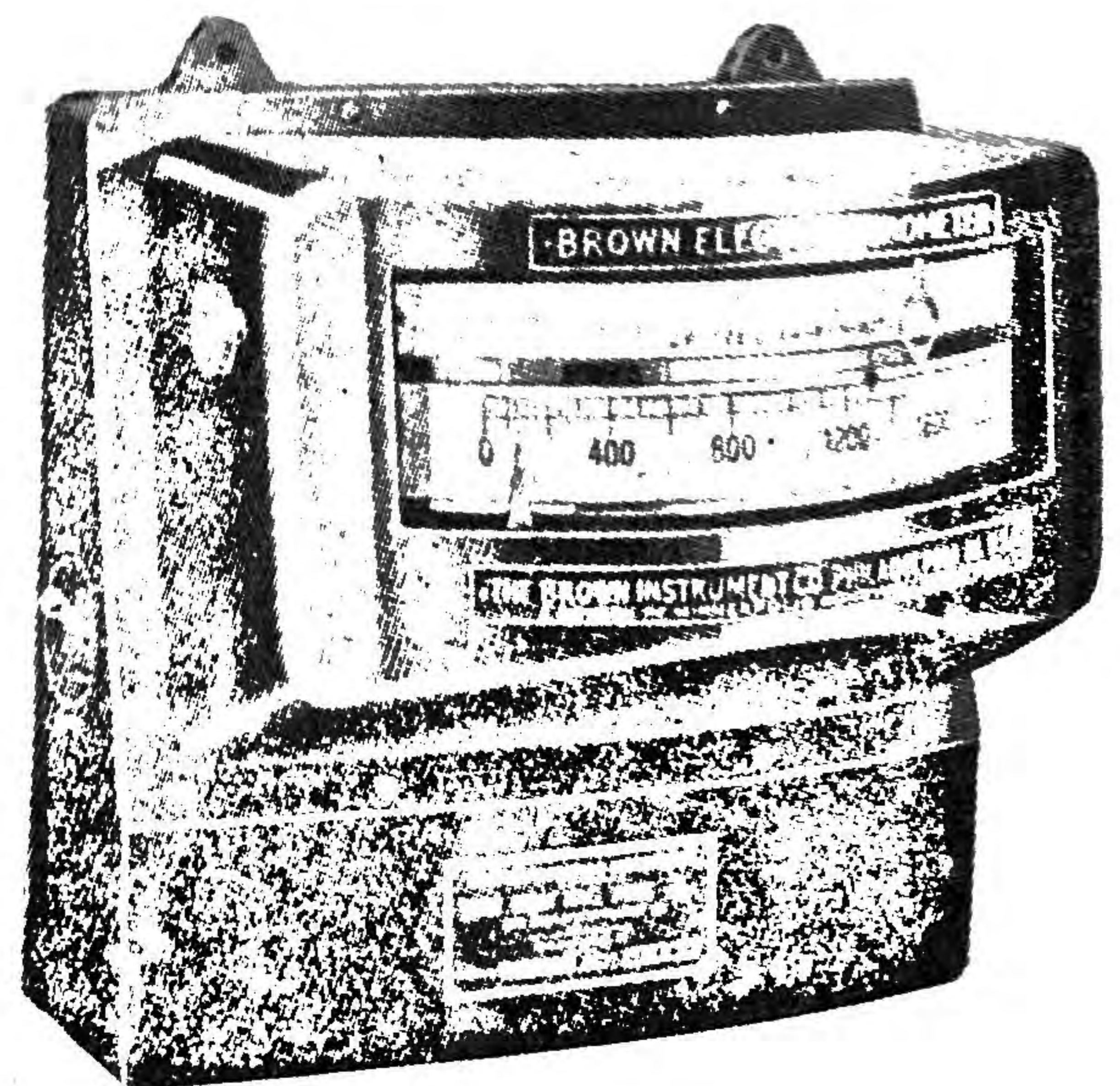


Fig. 710

En tales hornos, el calor puede ser fiscalizado con facilidad, lo cual es de gran importancia. Algunos aceros se tratan en hornos de hogar abierto, en tanto que otros se calientan en baños de plomo, cianuro de potasio, etc. La figura 711

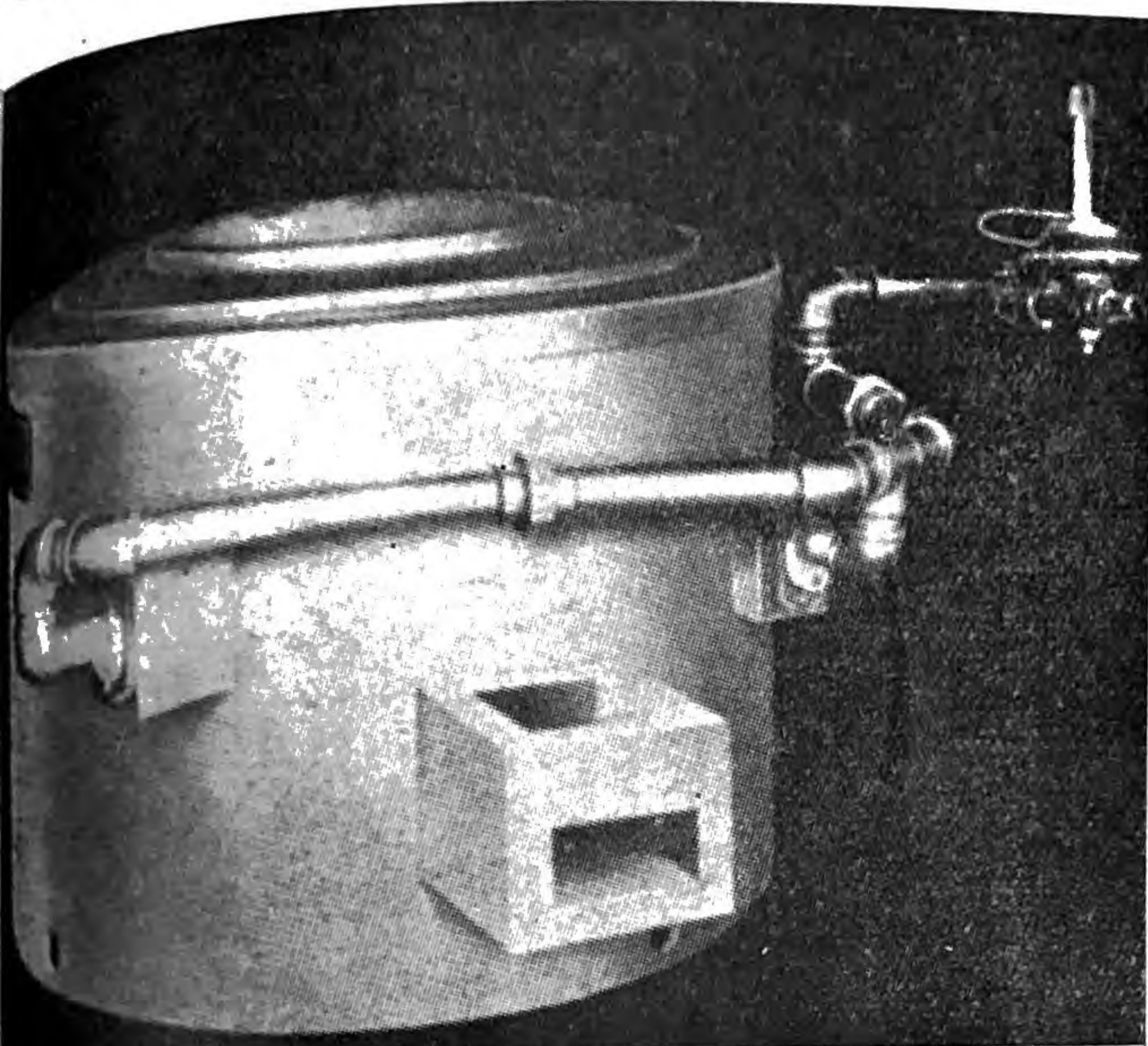


Fig. 711

muestra un horno de crisol. Si el crisol contiene plomo fundido, se denomina "crisol de plomo", pero si contiene cianuro fundido, llámase "crisol de cianuro". Este horno de crisol puede utilizarse asimismo para baños de estaño, para fundir metales de bajo punto de fusión y otros fines. Piezas tales como matrices, punzones y otras de acero, pueden templarse uniformemente en este horno sin riesgo alguno de que el acero se oxide. El crisol de plomo es particularmente adecuado cuando es preciso templar sólo una parte de la pieza. Esta parte es la que se inmerge en el baño de plomo fundido. El horno de crisol permite trabajar rápidamente con resultados satisfactorios.

El tipo de horno, en el cual el acero se calienta por medio de mecheros de gas, aparece en la figura 712. Este horno permite efectuar casi todas las operaciones de tratamiento térmico. La figura 713 ilustra el tipo de horno que se usa para carburizar o recocer metales.

14. ¿Qué operaciones comprende el templado?

R: El templado comprende operaciones tanto de calentamiento como de enfriamiento.

a) El calentamiento consiste en elevar el acero a la temperatura requerida superior al punto crítico de modo que el acero adquiera una estructura molecular adecuada.

b) El enfriamiento es la inmersión del acero en algún elemento tal como el agua, salmuera, solución cáustica o aceite, con el objeto de pre-

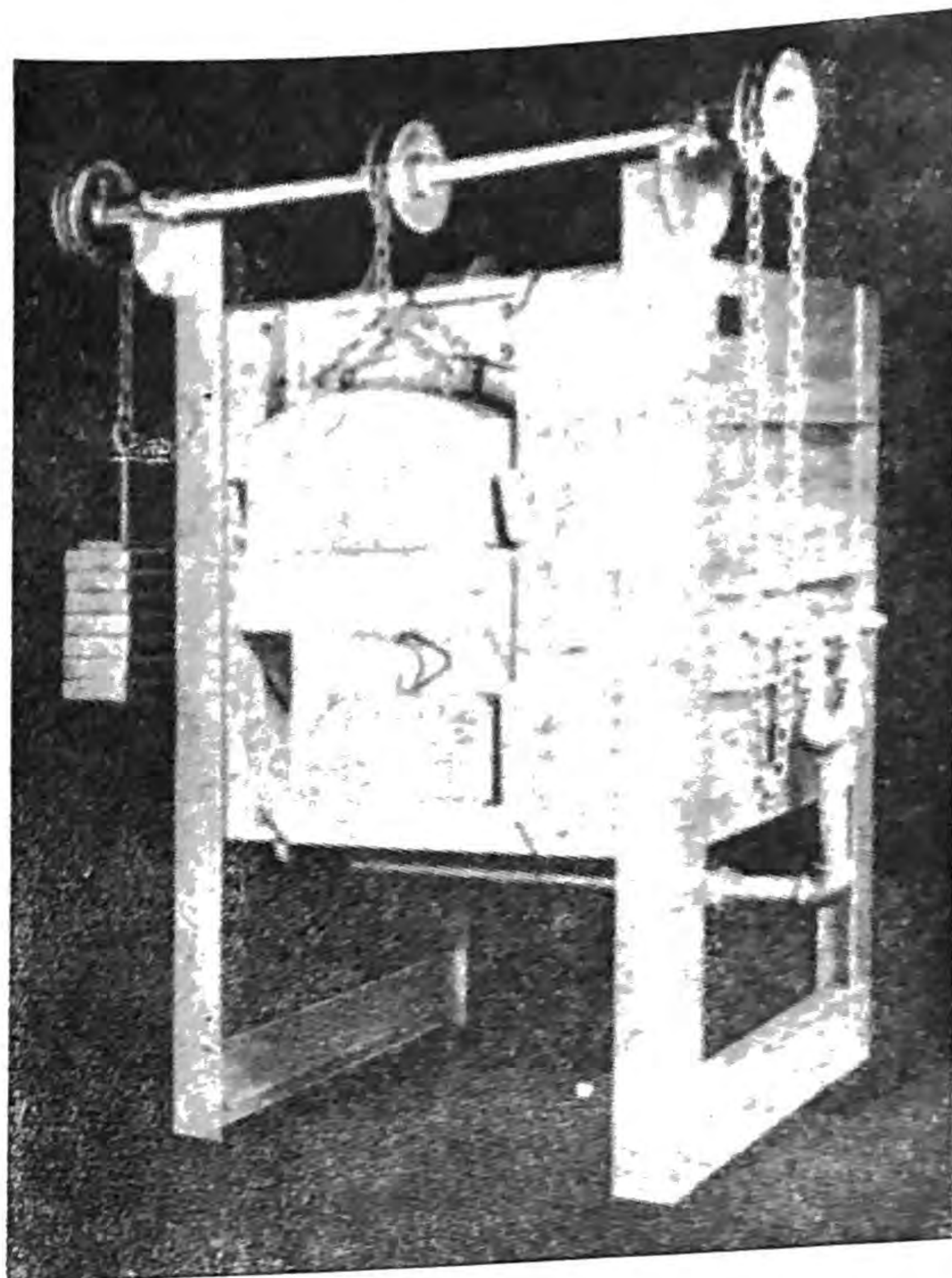


Fig. 712

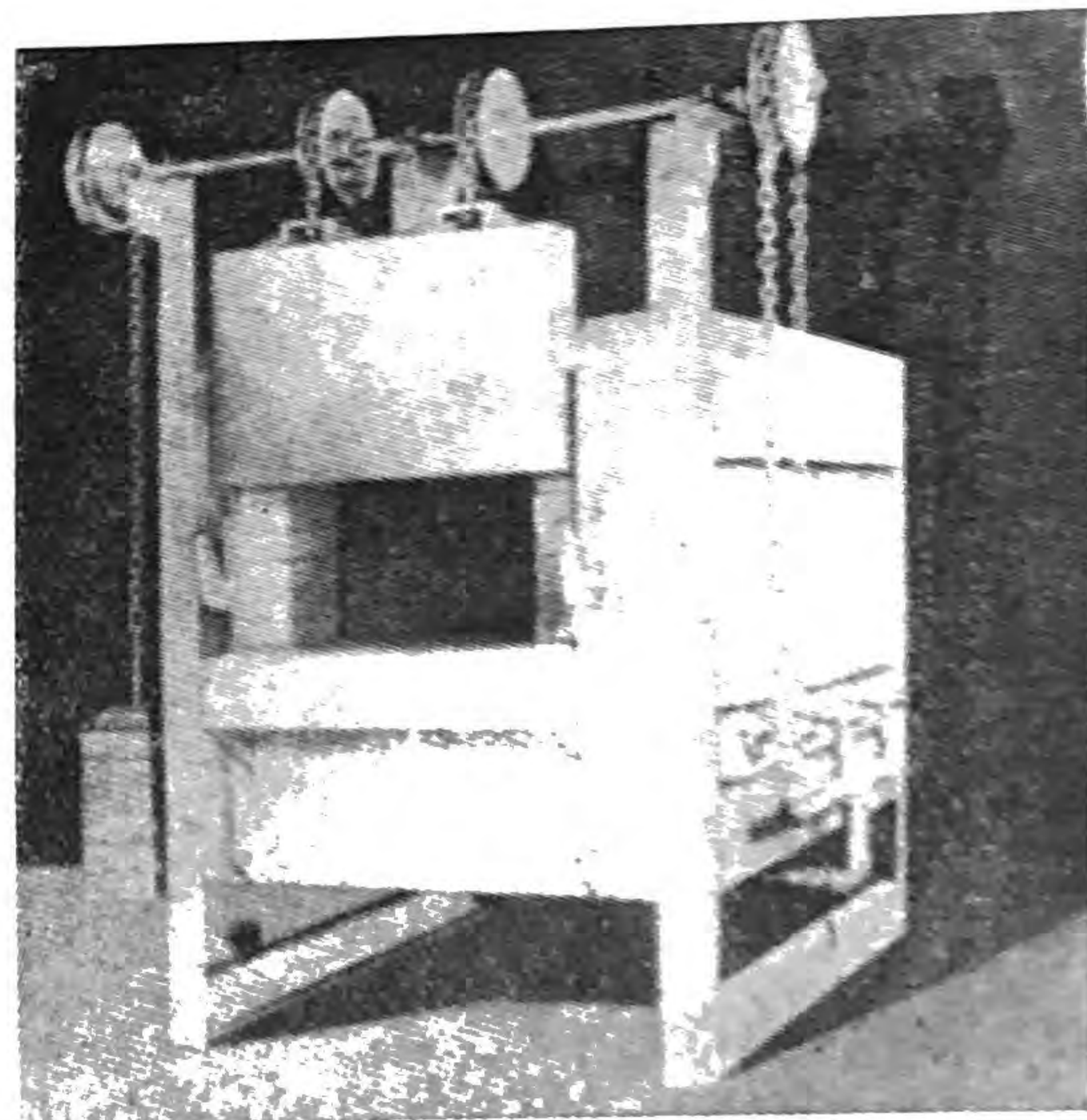


Fig. 713

servar la estructura lograda por medio del calentamiento.

15. ¿Cómo se cianuran los aceros de bajo carbono?

R: Los aceros de bajo carbono se calientan a la temperatura requerida en un baño de cianuro de potasio, con el objeto de lograr una superficie exterior (cáscara) de espesor adecuado (de 0,005" a 0,012"). La solución de cianuro penetra de 0,001" a 0,0015" por minuto de inmersión. Las piezas se inmergen después en agua o aceite para lograr dureza.

16. ¿Conservan su dureza, bruñéndolos, los aceros de bajo carbono previamente cianurados?

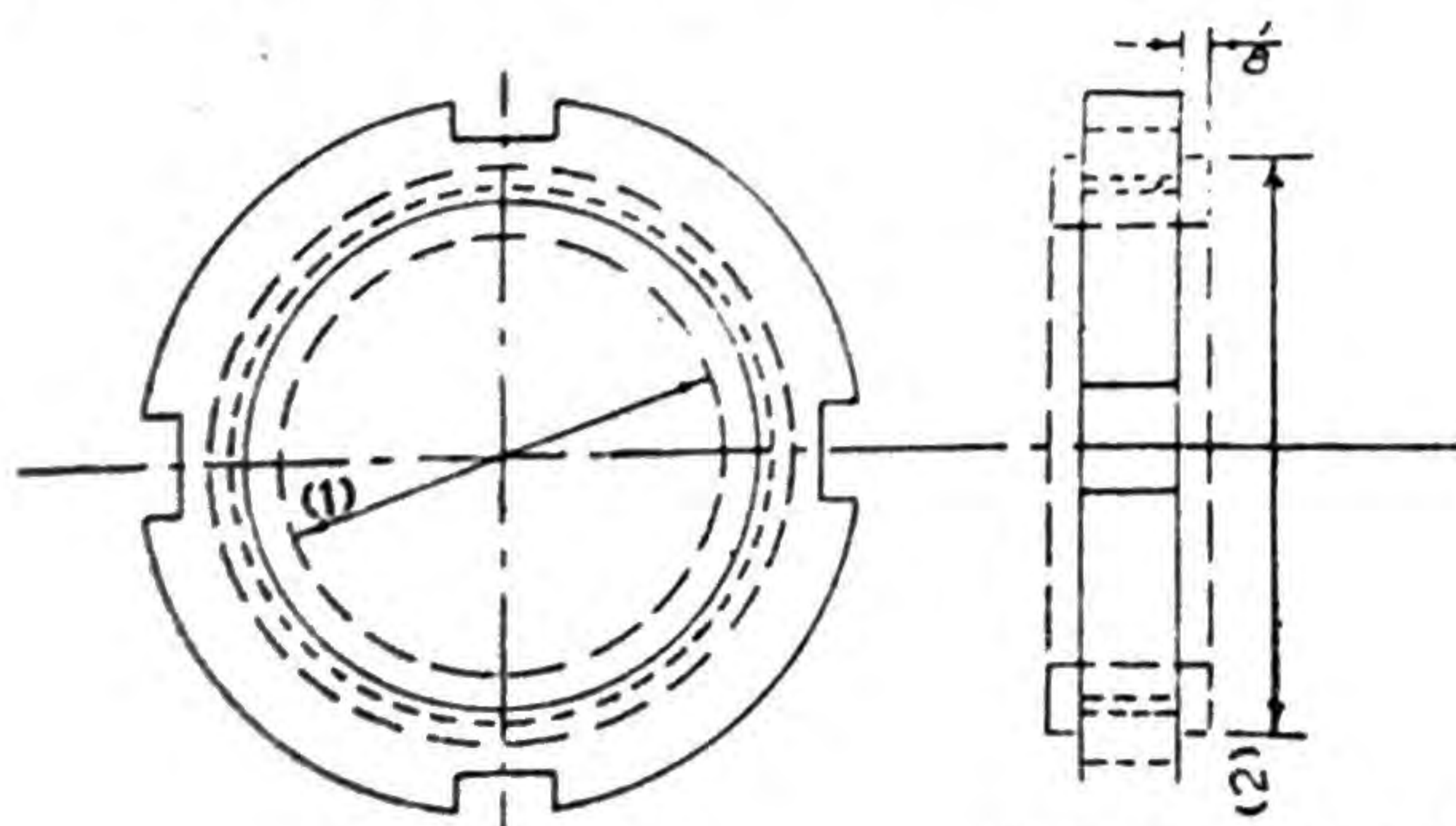
R: Dado que el cianuro penetra hasta una profundidad no mayor de 0,015" en los aceros de bajo carbono, el material desbastado no ha de superar este espesor, si se desea que conserve su correspondiente "capa dura".

17. ¿Qué se entiende por la carburización o impregnación de los aceros de bajo carbono?

R: La impregnación o carburización de un acero de bajo carbono es la operación que consiste en introducir carbono en el acero, comprimiéndolo con carbón de leña, hueso pulverizado o cualquier otro material carburizante y calentándolo después a una temperatura de 1.700 grados F en un horno semejante al que se ilustra en la figura 713. La duración de la operación depende de la profundidad de penetración que se requiere. Luego de que se haya retirado del horno y enfriado a la temperatura ambiente, el acero puede normalizarse, calentándolo nuevamente a una temperatura de 1.560 a 1.650 grados F para enfriarlo finalmente al aire libre. Es posible entonces templar el acero colocándolo en un horno o en un crisol de plomo (ver figura 711) para calentarlo a la temperatura requerida, después de lo cual se procede al "apagamiento".

18. ¿Para qué trabajos se recomienda el uso de un acero impregnado?

R: Este acero se recomienda para los trabajos que requieren una superficie dura y un núcleo resistente. Por ejemplo, el botón de manivela de ciertos automóviles es de acero impregnado. Esto le da una superficie dura para resistir el desgaste y un núcleo de gran solidez para absorber los choques. Muchos trabajos de taller requieren asimismo un acero tratado en esta forma. También puede utilizárselo para el templado por puntos como en la tuerca que se ilustra en la figura 714. En esta tuerca, el diámetro exterior debe ser duro y los filetes han de ser blandos. El orden de las operaciones es el siguiente: se procede al acabado del diámetro exterior y del espesor de acuerdo con las dimensiones requeridas, dejando una pestaña en cada lado de 1/8" mayor que el diámetro máximo del filete y extendiendo 1/8" en cada lado (ver croquis). Taladrar el agujero para el filete en forma que el diámetro tenga 1/4" menos que el diámetro menor. Fresar las ranuras, impregnar, taladrar el agujero a un diámetro equivalente a un 1/16" del tamaño, refrentar las pestañas (esto quita carbono), templar y luego acabar los filetes.



(1) 1/4" DE PULGADA MENOS QUE EL DIAM. MÍN. DEL FILETE

Fig. 714

(2) EL DIAMETRO EXTERIOR DE LA PESTAÑA DEBE SER 1/8" MAYOR QUE EL DIAM. EXT. DEL FILETE

metro exterior debe ser duro y los filetes han de ser blandos. El orden de las operaciones es el siguiente: se procede al acabado del diámetro exterior y del espesor de acuerdo con las dimensiones requeridas, dejando una pestaña en cada lado de 1/8" mayor que el diámetro máximo del filete y extendiendo 1/8" en cada lado (ver croquis). Taladrar el agujero para el filete en forma que el diámetro tenga 1/4" menos que el diámetro menor. Fresar las ranuras, impregnar, taladrar el agujero a un diámetro equivalente a un 1/16" del tamaño, refrentar las pestañas (esto quita carbono), templar y luego acabar los filetes.

19. Se necesita un bloque de acero (fig. 715) de 1" x 4" x 8 1/2", templado, bruñido y con dos agujeros escariados con precisión. ¿Qué clase de acero habrá de emplearse y cómo se llevará a cabo este trabajo?

R: Empléese acero de máquina sometida al tratamiento térmico "P" (impregnado). Utilizar un bloque de acero cuyo ancho tenga 1/4" más que la dimensión requerida y rebájese 1/8" en los dos lados señalados con una "A", salvo los botones cuadrados que deben exceder de 1/4" a 5/16" al diámetro de los agujeros. La pieza está lista entonces para ser impregnada. Después de la impregnación, se fresan los botones y se procede al templado, bruñido y se taladran los agujeros al tamaño exacto. Al rebajar los botones después de la impregnación y antes del templado, lógrase que estos puntos permanezcan blandos y no se templen. Los agujeros pueden taladrarse y ser escariados luego de que el resto de la pieza ha sido templado, asegurándose en esta forma su correcta ubicación después del templado. No olvidar que los agujeros han de ser blandos.

20. ¿Qué se entiende por nitruración?

R: La nitruración es una operación que tiene por objeto darle una superficie muy dura a una pieza de acero. El proceso consiste en colocar el acero en una atmósfera de gas amoníaco caliente, durante varias horas. El amoníaco se disuelve en el nitrógeno y el oxígeno a causa del calor y el nitrógeno reacciona con el acero formando la cáscara de nitruro.

21. ¿Qué importancia tiene el carbono en el acero al carbono o acero "simple"?

R: El carbono es el elemento principal que le da al acero sus propiedades mecánicas. Sin carbono, el hierro sería un metal blando y dúctil. El carbono forma compuestos con el hierro que crean una estructura cristalina más fuerte. Sin embargo, un exceso de carbono puede hacer que el acero sea demasiado frágil y difícil de mecanizar.

21. ¿Qué importancia tiene el carbono en el acero al carbono o acero "simple"?

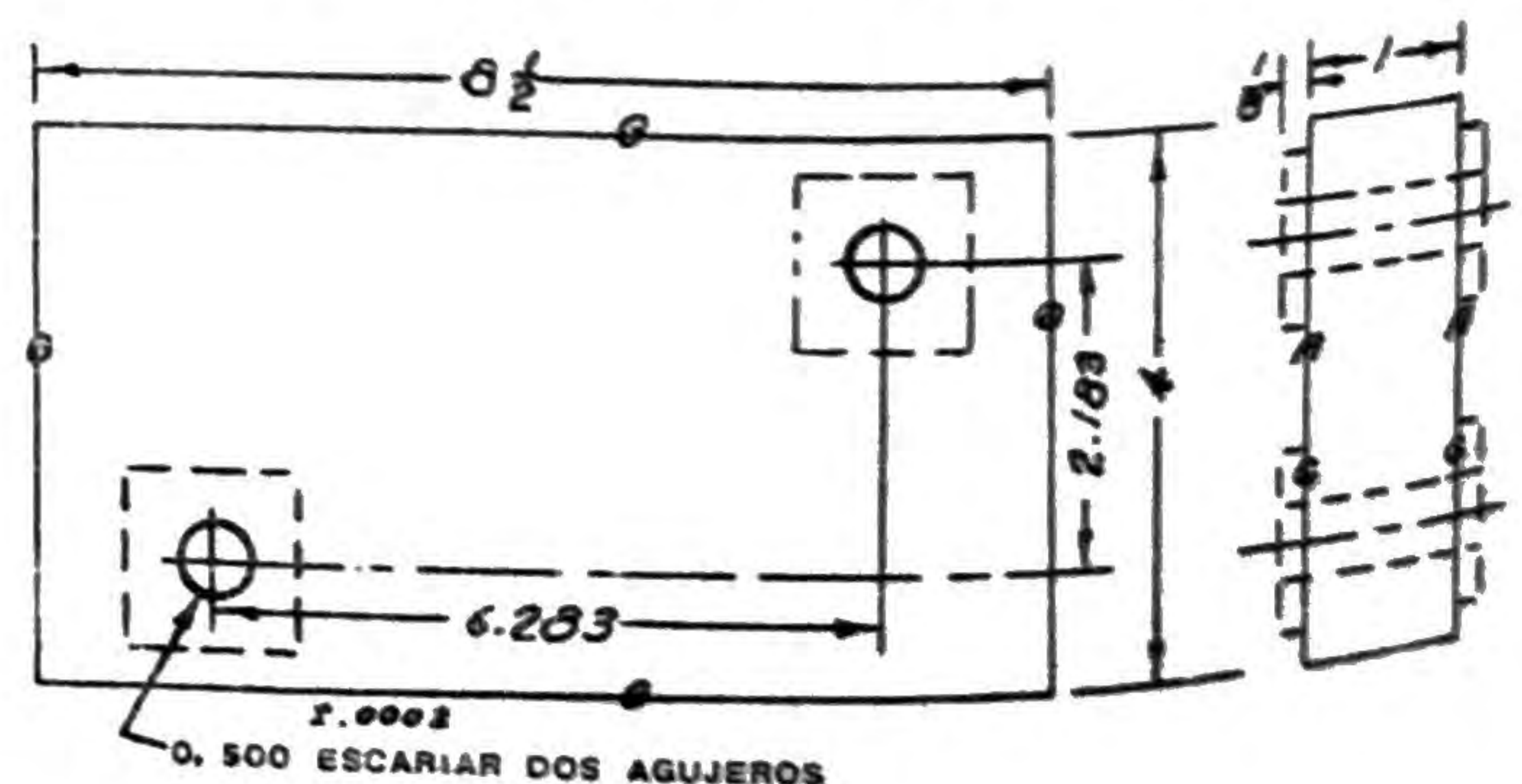


Fig. 715

R: El carbono es el elemento que permite al acero ser templado.

22. Explique porque el acero laminado en frío, el acero dulce o acero de tipo "A" no puede ser templado en el horno o en el crisol de plomo hasta lograr un elevado grado de dureza.

R: Estos aceros no contienen bastante carbono como para alcanzar un alto grado de dureza, aunque pueden templarse parcialmente.

23. ¿Cuánto carbono debe contener el acero para que se lo pueda temprar en forma apreciable?

R: El acero debe contener por lo menos 0,20 % de carbono, si se desea temprararlo para uso comercial.

24. Indicar la proporción de carbono en cada uno de los siguientes aceros: laminado en frío, dulce, "A", "AAA", "EE", "S" y "RR" (acero para herramientas).

La lista que se detalla a continuación da la proporción de carbono en cada uno de tales aceros:

	CARBONO			
Laminado en frío .....	0,05 %	a	0,15 %	
Dulce .....	0,08 %	a	0,20 %	
"A" .....	0,20 %	a	0,24 %	
"AAA" .....	0,30 %	a	0,35 %	
"EE" .....	0,35 %	a	0,40 %	
"S" .....	0,60 %	a	0,70 %	
"RR" .....	0,95 %	a	1,05 %	

25. ¿Por qué se coloca carbón de leña encima del plomo en el crisol?

R: Colócase carbón de leña sobre el plomo fundido en un crisol para quemar el oxígeno del aire, para evitar el riesgo de oxidación y también para mayor limpieza. También protege la superficie de la pieza y contribuye a eliminar las escamas.

26. ¿Qué tratamientos térmicos se emplean para el acero "AAA"? Ver tabla de tratamientos térmicos, página 216).

R: Los tratamientos térmicos "B" y "C" se emplean para el acero "AAA". El tratamiento térmico "B" es un tratamiento a base de cianuro y el "C" tiende a dar mayor resistencia al acero. Cuando es necesario aplicar el tratamiento "C", tómense las medidas necesarias para que después del tratamiento pueda rebajarse el material de 1/16" a 1/8", sin inconvenientes. El tratamiento térmico "C" se recomienda en los casos en que la precisión es lo más importante. Puede trabajarse la pieza después del tratamiento.

27. ¿Qué efecto producen los tratamientos térmicos "B" y "C" en la dureza del acero "AAA"?

R: el ensayo Rockwell de un acero "AAA" recocido da de 10 a 15. Luego de aplicársele el tratamiento "C", tales cifras se elevarán de 30 a 35 y después del tratamiento "B", la lectura será de 48 a 52.

28. ¿Qué clase de acero se utiliza habitualmente para la fabricación, de brocas taladros, escariadores, fresas, etc.?

\*R: Empléase acero rápido para fabricar tales herramientas.

29. ¿Cuál de los siguientes aceros es el más costoso: acero dulce, acero para herramientas o acero rápido?

R: El acero rápido es el más costoso porque contiene aleaciones costosas. Le sigue el acero para herramientas y el más barato es el dulce. Los aceros rápidos son seis o siete veces más caros que el acero para herramientas.

30. ¿Por qué se calientan previamente los aceros rápidos y aceros al cromo no contráctiles?

R: Algunos aceros como el acero rápido y el acero al cromo poseen una fina estructura granular. No soportan mucho cambio de forma cuando están en frío y se rajarían si se colocaran directamente en un horno caliente. Estos aceros se calientan a una temperatura ligeramente inferior al punto crítico durante cierto tiempo antes de someterlos a las temperaturas de templado.

31. ¿Cómo se determina la dureza de un acero?

R: Utilízanse el ensayo de lima y los aparatos probadores Brinell y Rockwell para determinar la dureza de un acero.

La prueba de la lima consiste simplemente en tratar de morder la pieza con el borde de una lima. La magnitud de la mordedura indica la dureza. Este es el más antiguo y todavía uno de los métodos más útiles para comprobar la dureza. Si bien este ensayo no brinda resultados muy definidos, dado que una lima nueva corta mejor que una vieja y una lima fina siempre hará aparecer la pieza más blanda que una gruesa, permite obtener una diferenciación de la absoluta blandura al temple perfecto. La mayor objeción que puede formularse al empleo de la prueba de la lima es que no se puede mantener un registro exacto de los resultados.

En el ensayo de dureza Rockwell, un cono de diamante de 120° para metales duros, o una bolita de acero de 1,6 mm. para los materiales

más blandos se aplica a presión sobre la cara de la pieza sometida a ensayo por medio de un contrapeso que actúa a través de una serie de palancas, y luego se mide el grado de penetración. Cuanto más blanda sea la superficie ensayada tanto más profunda será la huella que se obtenga con una carga dada. La profundidad media de penetración en los aceros más blandos es solamente de unos 0,2 mm. La dureza se indica en un calibre de esfera graduado conforme a las escalas de dureza Rockwell "B" y "C". Cuanto más dura sea la pieza mayor será el número Rockwell que se obtenga. Por ejemplo, el acero no debe dar una lectura mayor de 30 a 35 en la escala Rockwell "C" para ser mecanizable, mientras que una herramienta templada de alta velocidad dará una lectura de 63 a 65. Para ensayar aceros duros debe usarse la punta de diamante y leerse en la escala "C"; para los metales no ferrosos debe utilizarse la bolita de acero y leer los resultados de acuerdo con la escala "B". La Fig. 716 muestra el aparato para ensayos de dureza Rockwell y las direcciones en que se debe usar. El promedio de duración de cada prueba sobre una base de producción oscila en los cinco segundos.

En la prueba de dureza Brinell, la dureza del material ensayado se determina por la resistencia que ofrece a la penetración de una bolita de acero bajo presión. El número de dureza Brinell se obtiene midiendo la distancia en que penetra la bolita de acero bajo una presión dada. Cuanto mayor es la penetración, tanto más blanda es la pieza y menor el número de Brinell. La

profundidad de la huella se mide con un microscopio y el número de dureza correspondiente a la misma se obtiene consultando un gráfico normal. El aparato para ensayo Brinell (Fig. 717) resulta más valioso para probar materiales blandos y semitemplados y tratándose de grandes piezas. En los aceros templados la penetración es tan superficial que resulta difícil apreciarla.

En la prueba escleroscópica se deja caer sobre la pieza sometida a ensayo una maza con punta de diamante, a través de un tubo de vidrio, y el rebote se mide en una escala. Cuanto mayor sea la dureza del acero, tanto mayor será el rebote de la maza, porque el rebote es directamente proporcional a la acción elástica o flexibilidad de la pieza de ensayo. Por ejemplo, si se arroja una pelota sobre el pasto su rebote no alcanzará a ser igual que cuando se proyecta sobre la acera con la misma fuerza. El escleroscopio (Fig. 718) es portátil y puede ser usado para comprobar que piezas resulten demasiado grandes para colocarlas sobre el yunque de otras máquinas.

32. Dar algunas sugerencias valiosas en el tratamiento térmico.

R: Los trabajos que tengan bordes agudos o diferentes secciones transversales deben ser protegidos con piezas de alambre y arcilla refractaria para impedir fracturas.

El acero laminado en frío contiene muy poco carbono y puede ser cementado por inmersión

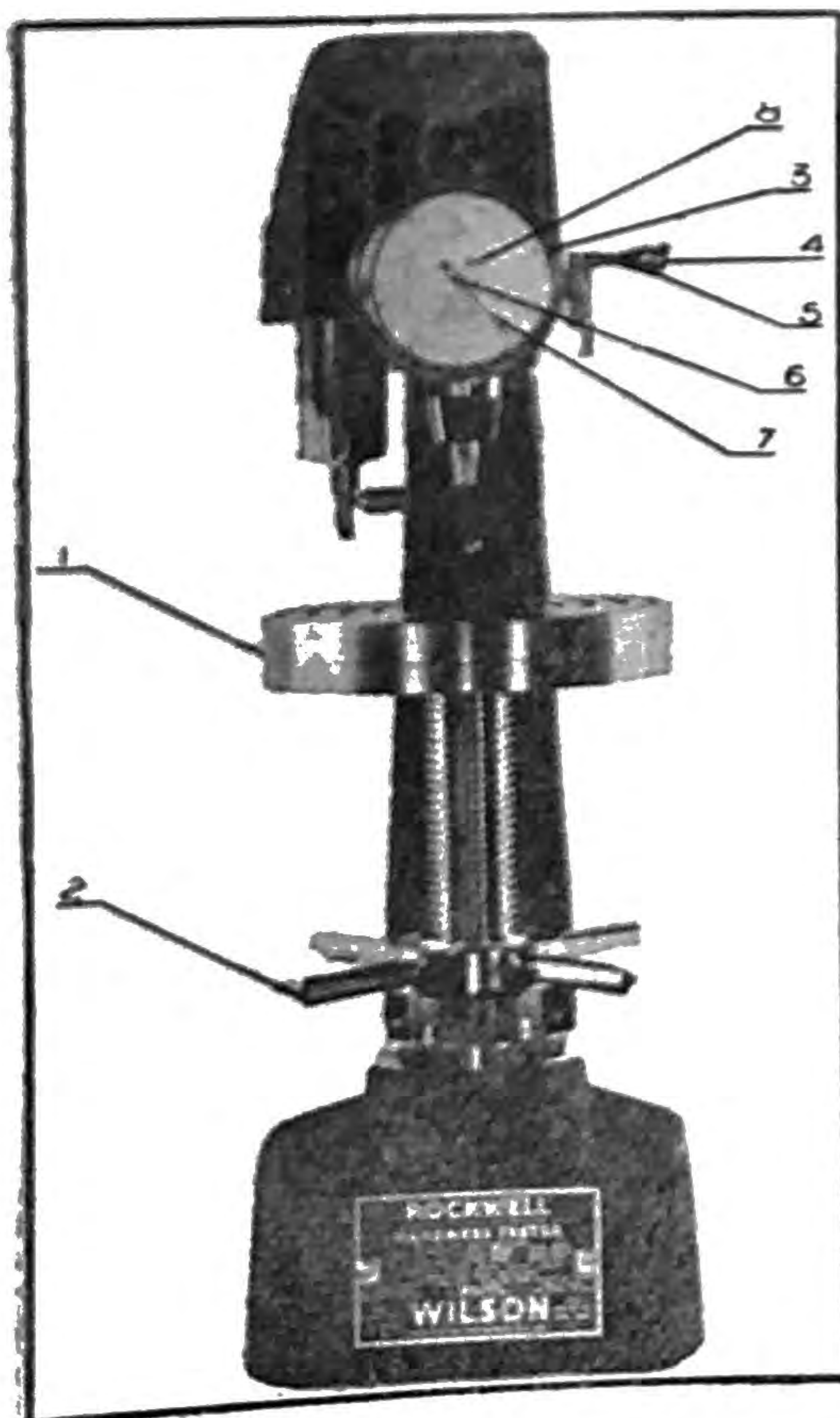


Fig. 716

#### INSTRUCCIONES PARA EL MANEJO DE UN PROBADOR ROCKWELL

1. Colóquese la pieza a probarse sobre la placa de apoyo o plataforma de ensayo.
2. Hacer girar este volante para elevar la pieza hasta que entre en contacto con la punta de ensayo; seguir girando para forzar la pieza contra la punta hasta que el dial indique que se ha aplicado una carga mínima.
3. Hacer girar el aro del dial hasta que la aguja se superponga al cero.
4. Empujar la palanca hacia atrás para aplicar la carga máxima.
5. Tirar la palanca hacia adelante para remover la carga máxima pero no la mínima.
6. Observar la aguja hasta que se detenga, y entonces:
7. Léase el grado de dureza Rockwell en el dial.

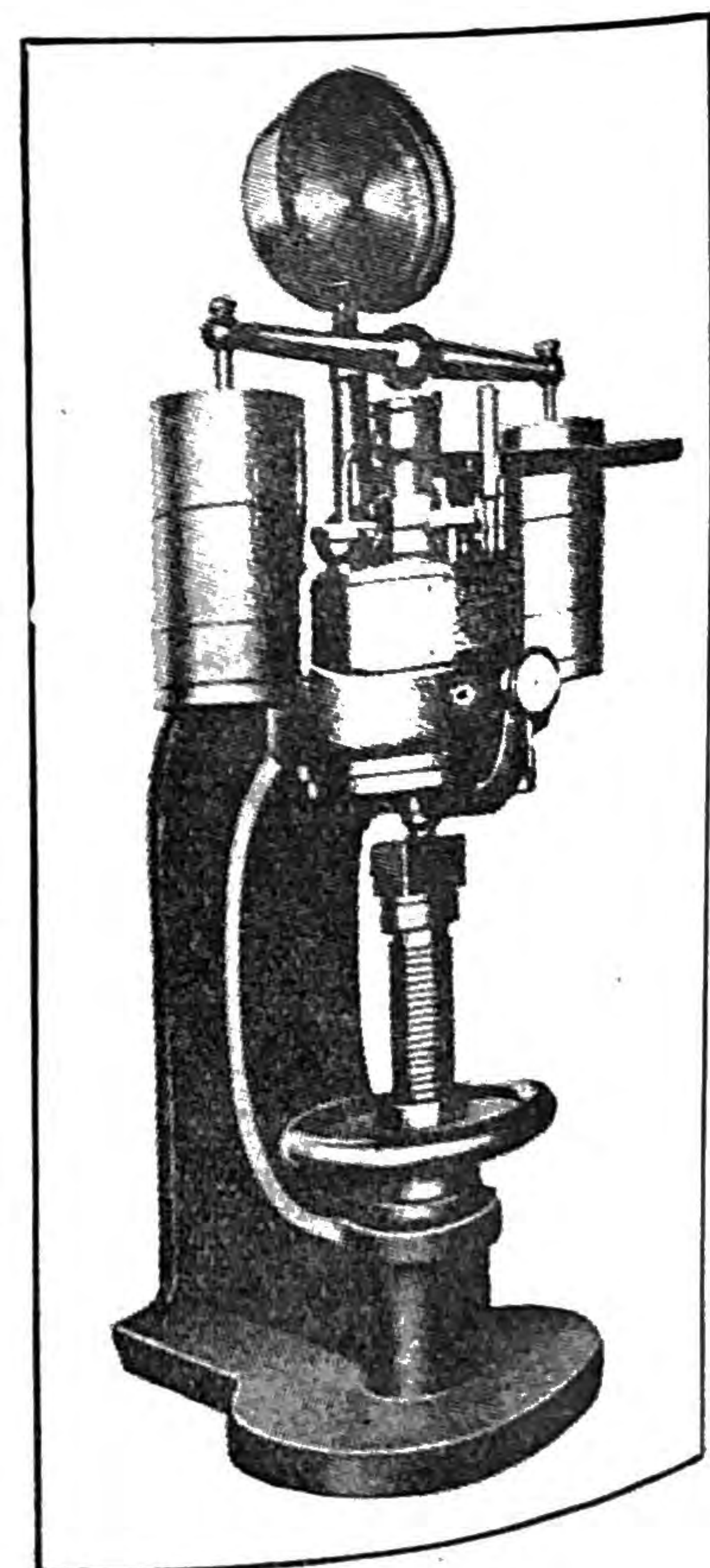


Fig. 717



en un baño de cianuro y temple. Las brocas se fabrican de acero "R" (alto contenido de carbono) y pueden ser endurecidas calentándolas en una cuba de plomo o un horno, y temple.

El acero debe ser sometido a un tratamiento térmico bastante prolongado para asegurar una distribución uniforme del calor en todas las partes. La regla práctica consiste en mantener la pieza en el horno una hora por cada pulgada cuadrada de superficie transversal.

Para evitar que se deforme una larga pieza delgada durante el templado, sosténgase la misma verticalmente sobre el baño y sumérjase en forma recta hacia abajo. Las piezas deformadas pueden ser enderezadas bajo presión en una prensa de enderezar, después de calentarlas con un soplete. (Fig. 719)

El chorro de arena (Fig. 720) se emplea para remover las escamas y el polvo de las partes tra-

- 4) Nunca se debe recoger nada antes de cerciorarse si está caliente.
- 5) Deben usarse guantes de goma en la máquina de arenar al soplete.
- 6) No se empleen guantes en la fresadora.
- 7) No usar paño para sujetar las piezas durante el fresado.

La "prueba de chispa" es un método que permite identificar, dentro de ciertos límites, diferentes aceros que no están señalados, por las chispas que producen cuando se los apoya contra una rueda esmeril. En este ensayo puede utilizarse una máquina de rectificar portátil o fija. Sólo se requiere suficiente presión para mantener un firme contacto entre el trabajo y la muela, y aquélla disminuye a medida que aumenta la velocidad. Alrededor de 8.000 pies de velocidad lineal por minuto son suficientes, por lo general. Las chispas producidas



Fig. 718

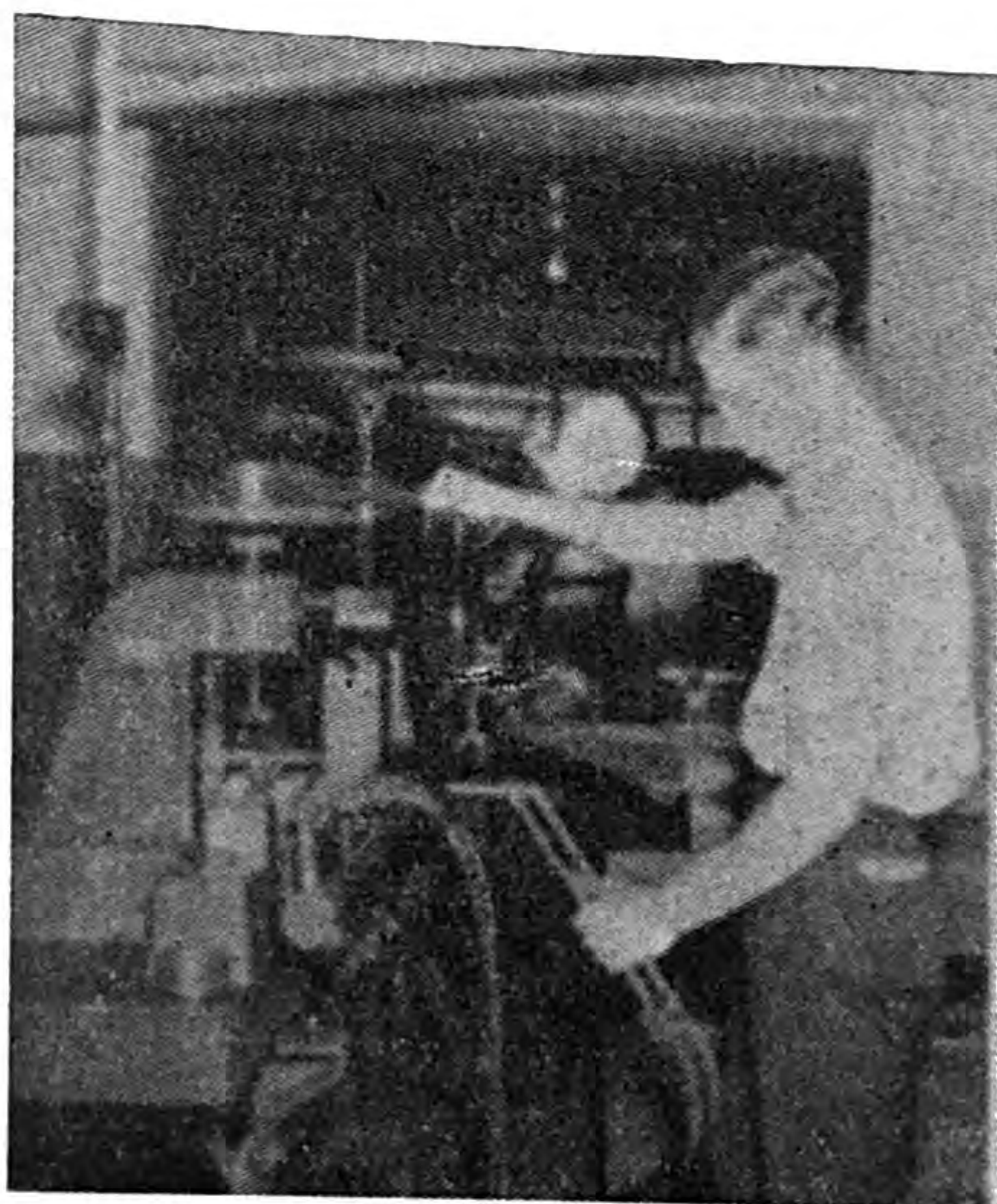


Fig. 719

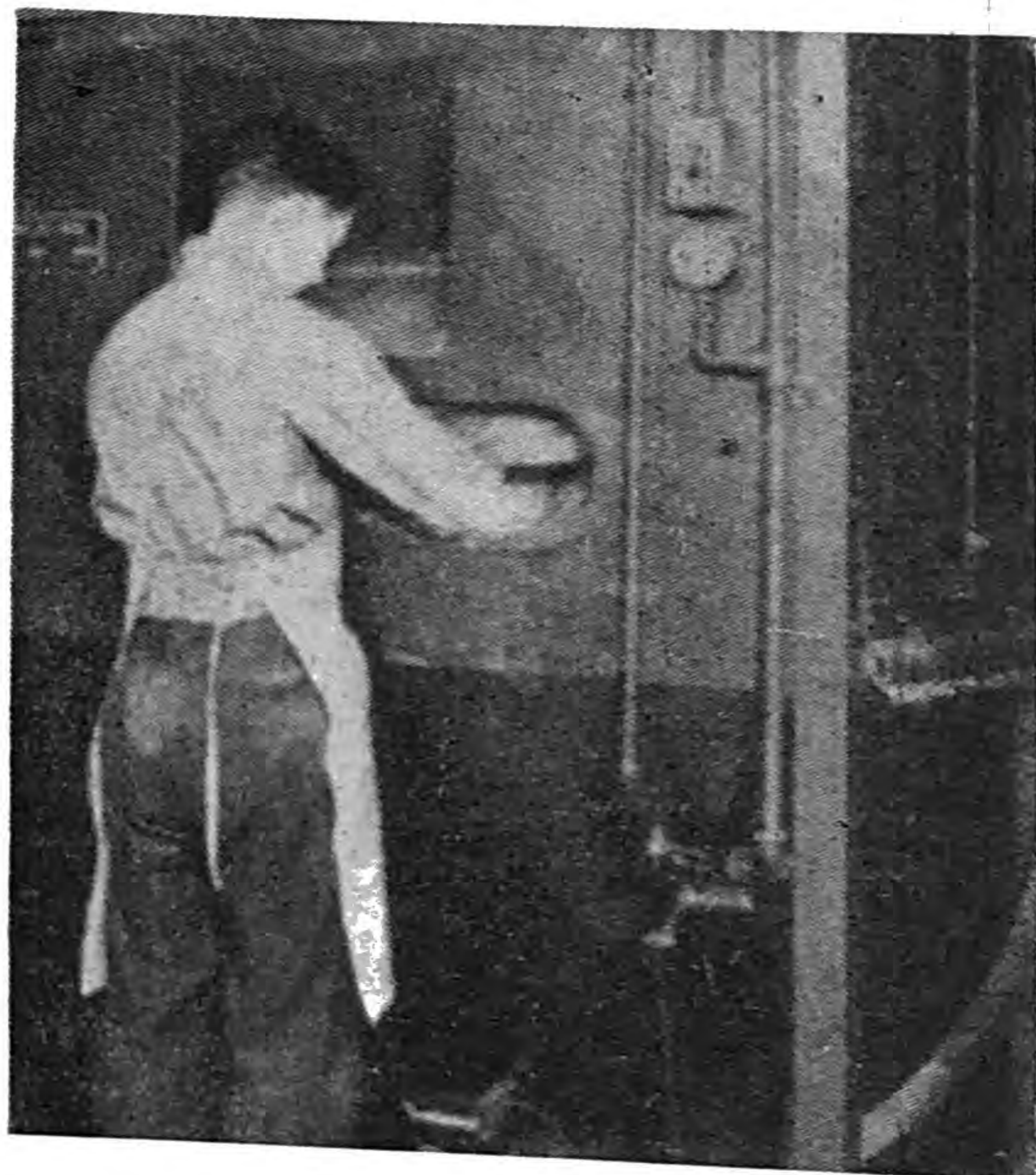


Fig. 720

tadas térmicamente con anterioridad. Esto economiza mucho tiempo en la fresadora.

33. ¿Cuáles son algunas de las reglas de seguridad que deben ser observadas en este departamento?

R: Los estudiantes deben observar las siguientes reglas durante el tratamiento térmico del acero:

- 1) Deben usarse antiparras para trabajar en los baños de plomo, cianuro o nitrato.
- 2) No se ponga nada húmedo o empapado en estas cubas, pues existe el peligro de que ocurra una explosión.
- 3) Las tenazas calientes no deben dejarse donde alguien pueda quemarse con ellas.

por la mayoría de los aceros serán prácticamente idénticas si el material se encuentra en condición templada o recocida. Debe disponerse de probetas de ensayo de muestras conocidas para practicar con ellas las pruebas o tomarlas como elemento de comparación de las piezas comprobadas. Las pruebas deben efectuarse, si existe la posibilidad, con luz diurna difusa.

En términos generales, el efecto de los diversos elementos es el siguiente: el carbono hace estallar las chispas; el manganeso tiende a abrillantar la chispa y aumentar su esparcimiento alrededor de la periferia de la rueda. El cromo oscurece el color, suprime el flujo y los estallidos, y causa líneas transportadoras finas. El níquel suprime el flujo levemente y origina llamas en forma de horquilla. El

CUADRO DE ANALISIS DEL ACERO

TIPO DE ACERO	CARBONO	MANGA NESO	CROMO	VANADIO	SILICIO	FOSFORO	AZUFRE	PINTURA FINAL
*A	0.20 - 0.24	0.60 - 0.75	0.65 - 0.80	VANADIO .12-.16	0.10 - 0.15	0.05 Max	0.04 Max	**
AX	0.18 - 0.22	0.65 - 0.75	0.80 - 0.95		0.10 - 0.20	0.03 Max	0.04 Max	Bianco y negro
AA	0.26 - 0.30	0.65 - 0.80	0.80 - 1.00		0.10 - 0.20	0.03 Max	0.04 Max	Rojo y negro
*AAA	0.30 - 0.35	0.65 - 0.80	0.90 - 1.10		0.10 - 0.20	0.03 Max	0.04 Max	Rojo y blanco
AAAH	0.35 - 0.38	0.65 - 0.80	0.90 - 1.10		0.10 - 0.20	0.03 Max	0.04 Max	Rojo, blanco y azul
AAAAL	0.38 - 0.42	0.65 - 0.80	0.90 - 1.10		0.10 - 0.20	0.03 Max	0.04 Max	Rojo, verde y amarillo
AAAA	0.42 - 0.47	0.70 - 0.90	0.85 - 1.10		0.10 - 0.20	0.03 Max	0.04 Max	Rojo y verde
AAAAA	0.48 - 0.52	0.70 - 0.90	0.85 - 1.10		0.10 - 0.20	0.03 Max	0.04 Max	Azul y blanco
AA Selecto	0.28 - 0.32	0.65 - 0.80	0.80 - 1.00		0.10 - 0.20	0.03 Max	0.04 Max	T-498 todos los elementos
AAA Selecto	0.32 - 0.35	0.65 - 0.80	0.90 - 1.10		0.10 - 0.20	0.03 Max	0.04 Max	T-12 bien dentro de limites
Acero de inducido	0.05 Max	0.30 Max			0.12 - 0.28	0.03 Max	0.04 Max	
B	0.95 - 1.05	0.20 - 0.30	0.40 - 0.50		0.20 - 0.30	0.03 Max	0.04 Max	
BB	0.95 - 1.05	0.20 - 0.30	0.90 - 1.10		0.20 - 0.30	0.03 Max	0.04 Max	
BBB	0.95 - 1.05	0.30 - 0.40	1.25 - 1.50		0.20 - 0.30	0.03 Max	0.04 Max	Azul y rojo
Bessemer No I	0.09 - 0.13	0.70 - 0.90			0.09-.13	0.08-.15	0.05 Max	Aluminio
C Material p chavetas (S. A. E. 1035)	0.30 - 0.40	0.50 - 0.80			0.10 - 0.20	0.05 Max	0.05 Max	
Hierro puro C	0.03 Max	0.12 Max		COBRE A OPCION		0.01 Max	0.04 Max	
*Al cromo que no se contrae	1.45 - 1.60	0.25 - 0.35	11.00 - 12.00	V .20 - .25 Mo. .70 - .90	0.20 - 0.40	0.03 Max	0.04 Max	
*CC	0.44 - 0.50	0.40 - 0.55	0.70 - 0.90	TUNGSTENO 1.00 - 1.20	0.15 - 0.25			
D	0.45 - 0.52	0.80 - 0.95	1.00 - 1.20		0.10 - 0.20	0.03 Max	0.04 Max	Verde con franja blanca
DD	0.48 - 0.52	0.80 - 0.95	1.00 - 1.20		0.10 - 0.20	0.03 Max	0.04 Max	Verde
*Taco Ajax	0.60 - 0.75	0.30 - 0.40	3.25 - 3.75		0.10 - 0.20	0.03 Max	0.04 Max	
*Taco Hammer	0.47 - 0.55	0.50 - 0.60	0.60 - 0.75	NIQUEL 1.50 - 1.75	0.07 - 0.15	0.04 Max	0.05 Max	Rojo
E	0.27 - 0.35	0.70 - 0.90			0.07 - 0.15	0.03 Max	0.05 Max	Amarillo
EE	0.35 - 0.40	0.70 - 0.90			0.07 - 0.15	0.03 Max	0.05 Max	Rojo y amarillo
*EEE	0.40 - 0.45	0.70 - 0.90			0.07 - 0.15	0.03 Max	0.05 Max	
Electrico	0.05 Max	0.30 Max			0.90 - 1.20	0.03 Max	0.03 Max	
F	0.08 - 0.15	0.80 - 0.99			0.10 - 0.20	0.04 Max	0.08-.15	Aluminio y negro
FF	0.15 - 0.20	0.80 - 0.99			0.10 - 0.20	0.04 Max	0.10-.15	Aluminio y verde
FFF	0.34 - 0.40	0.80 - 0.99			0.10 - 0.20	0.04 Max	0.10-.15	Aluminio y amarillo
Rápido Ford (Machos de terraja)	0.65 - 0.75	0.25 - 0.35	3.75 - 4.25	V 1.00-1.25 W 17.0-18.0	0.20 - 0.30	0.03 Max	0.04 Max	
*Trabajo en caliente Ford	0.18 - 0.23	0.40 - 0.60	1.40 - 1.60	MOLIBDENO .45 - 0.55.	0.15 - 0.25	0.04 Max	0.04 Max	Rojo y verde con franja blanca
*Rápido especial Ford	0.78 - 0.84	0.25 - 0.35	4.00 - 4.50	V 2.00-2.25 W 18.0-19.0	0.20 - 0.50	0.03 Max	0.04 Max	(Mo = .50 - .80)
G	0.08 - 0.15	0.30 - 0.45			0.07 - 0.15	0.03 Max	0.05 Max	Negro
*GG	0.15 - 0.20	0.30 - 0.45			0.07 - 0.15	0.04 Max	0.05 Max	Negro
H	0.27 - 0.37	0.45 - 0.60			0.07 - 0.15	0.04 Max	0.05 Max	Azul
Material p chavetas (S. A. E. 2330)	0.25 - 0.35	0.50 - 0.80		NIQUEL 3.35 - 3.75		0.04 Max	0.045 Max	
L	0.23 - 0.30	0.35 - 0.50				0.04 Max	0.05 Max	Verde y azul
Pobre en carbono, de hogar abierto	0.05 - 0.15	0.30 - 0.50				0.04 Max	0.05 Max	Negro con franja amarilla
*Para máquinas	0.08 - 0.20	0.35 - 0.50			0.10 - 0.20	0.04 Max	0.05 Max	Negro
Magnético	0.82 - 0.90	0.30 - 0.45	2.25 - 2.60	(Alto limite prefer.)	0.25 - 0.40	0.03 Max	0.04 Max	Aluminio cuando C es 185 o ma
N	0.12 - 0.16	0.35 - 0.45	0.30 - 0.40		0.10 - 0.20	0.03 Max	0.04 Max	Verde y negro
R	0.70 - 0.80	0.20 - 0.35	0.10 Max	NIQUEL, CERO	0.15 - 0.25	0.025 Max	0.03 Max	Marrón
*RR	0.95 - 1.05	0.20 - 0.35	0.10 Max	NIQUEL, CERO	0.15 - 0.25	0.025 Max	0.03 Max	
RRR	1.20 - 1.30	0.20 - 0.35			0.15 - 0.25	0.025 Max	0.03 Max	
*Inalterable 18-8	0.05 - 0.10	0.30 - 0.45	16.0 - 18.0	NIQUEL 7.0 - 9.0	0.15 - 0.30	0.04 Max	0.05 Max	
Inalterable 18	0.05 - 0.10	0.30 - 0.45	16.0 - 18.0		0.50 Max	0.04 Max	0.05 Max	
Inalterable tipo II	0.20 - 0.30	0.25 - 0.40	12.0 - 14.0		0.70 - 1.00	0.04 Max	0.05 Max	
*S	0.60 - 0.70	0.70 - 0.85			0.15 - 0.20	0.03 Max	0.04 Max	
*SS	0.70 - 0.85	0.70 - 0.85			0.10 - 0.20	0.03 Max	0.04 Max	Azul y amarillo
Para terrajas(menos)25,4 mm diám.	1.20 - 1.30	0.25 - 0.40	0.35 - 0.45	V .15 - .25 W 1.25 - 1.50	0.30 - 0.45	0.025 Max	0.025 Max	
V	0.35 - 0.45	0.25 - 0.40	1.85 - 2.50		3.60 - 4.20	0.03 Max	0.04 Max	
Alambre de soldar	0.10 Max	0.20 Max				0.02 Max	0.03 Max	
*Inserciones para matrices	0.55 - 0.60	0.45 - 0.60	0.70 - 0.80	Mo .75-.80 Ni 2.25-2.45		0.03 Max	0.04 Max	
*Acero para herramientas al vanadio	0.95 - 1.05	0.20 - 0.35	0.10 Max	V .40-.50 NIQUEL, cero	0.15 - 0.25	0.025 Max	0.03 Max	
S. A. E. No 4620	0.18 - 0.22	0.30 - 0.60	0.25 Max	Mo .20-.30 Ni 1.65-2.00	0.15 - 0.30	0.04 Max	0.05 Max	Aluminio y rojo
Acero de estirar profundo	0.05 - 0.08	0.28 - 0.38	0.04 Max	COBRE .10 máx.		0.03 Max	0.04 Max	
"FFH"	0.20 - 0.25	0.80 - 0.99			0.10 - 0.20	0.04 Max	0.10-.15	

\* Acero empleado con mayor frecuencia en el taller del colegio.  
 \*\* Blanco de la parte baja del análisis y blanco con franja verde si está de la parte alta.

tungsteno suprime el flujo y los estallidos, y origina finas líneas portadoras. El molibdeno causa una punta de lanza separada en el extremo del rayo.

El siguiente gráfico muestra croquis de las chispas producidas por algunos de los aceros utilizados comúnmente. Son, forzosamente, de carácter muy general, pero pueden ser utiliza-

dos para señalar ciertas características. Por ejemplo, la diferencia en el contenido de carbono es indicada por la diferencia en el número de chispas, como se ilustra en los primeros tres croquis. Si se hicieran brotar chispas en una pieza de acero para máquinas y otra de acero rápido, la diferencia entre ambos tipos de chis-

pas se establecería fácilmente. Sin embargo, sólo la experiencia práctica puede proporcionar los conocimientos necesarios para identificar todos los aceros.

La prueba de chispa no analiza una pieza de acero, sino que simplemente constituye una guía para su identificación.

### GRAFICO DE LA PRUEBA DE CHISPA



(a) Los aceros de bajo contenido de carbono muestran largas chispas en forma de cachiporra, suaves líneas de luz, color amarillo claro, y sin estrellas pequeñas. El acero laminado en frío, el acero para máquinas, etc., se encuentran dentro de este grupo.



(b) Los aceros de mediano contenido de carbono producen chispas en forma de cachiporra que se dividen para formar algunas estrellas simples de color amarillo claro. Los aceros tales como el "E", "EE" y "EEE", se encuentran en este grupo. La chispa producida por el acero "AAA", que es una aleación de mediano contenido de carbono, presenta una forma muy similar, pero de color más oscuro debido al contenido de cromo.



(c) Los aceros ricos en carbono, tales como el "RR" (acero para herramientas), no muestran casi ninguna chispa en forma de garrote, sino numerosas estrellitas de color amarillo claro. Los aceros "S" y "SS" integran este grupo.



(d) Los aceros al cromo presentan chispas amarillas con extremos en forma esférica, y entre ellas haces luminosos en mayor o menor número, que dependen del contenido de carbono. El acero al cromo que no se contrae, los aceros inalterables, etc., se encuentran en este grupo.



(e) Los aceros rápidos producen varias líneas de chispas discontinuas, punteadas, de color rojo parduzco con forma esférica; las chispas del extremo son de color rojo oscuro. Algunas de éstas se encienden para formar estrellas de pocos rayos, de color algo más claro.

Tabla de conversión de la dureza (Aproximada)

Método Brinell		Método Rockwell		Shore	Método Brinell		Método Rockwell		Shore
Diam. 3000 Kg. Bola de 10 mm.	Dureza N.	Esc. C 150 Kg. cono de 120	Esc. B 100 Kg. bola de 16 mm.		Diam. 3000 Kg. Bola de 10 mm.	Dureza N.	Esc. C 150 Kg. cono de 120	Esc. B 100 Kg. bola de 16 mm.	
2.20	780	68	...	96	3.45	311	32	...	43
2.25	745	67	...	94	3.50	302	31	...	42
2.30	712	66	...	92	3.55	293	30	...	41
2.35	682	65	...	89	3.60	285	29	...	40
2.40	653	64	...	86	3.65	277	28	...	38
2.45	627	63	...	84	3.70	269	27	...	37
2.50	601	62	...	81	3.75	262	26	...	36
2.55	578	61	...	78	3.80	255	25	...	35
2.60	555	60	...	75	3.85	248	24	100	34
2.65	534	59	...	73	3.90	241	23	99	33
2.70	514	58	...	71	3.95	235	22	99	32
2.75	495	57	...	68	4.00	229	21	98	32
2.80	477	56	...	66	4.05	223	20	97	31
2.85	461	55	...	64	4.10	217	18	96	30
2.90	444	54	...	62	4.15	212	17	95	30
2.95	429	53	...	60	4.20	207	16	95	29
3.00	415	52	...	58	4.30	197	14	93	28
3.05	401	51	...	56	4.40	187	12	91	27
3.10	388	50	...	54	4.50	179	10	89	25
3.15	375	49	...	52	4.60	170	8	87	24
3.20	363	48	...	51	4.70	163	6	85	23
3.25	352	47	...	49	4.80	156	4	83	23
3.30	341	46	...	48	4.90	149	2	81	22
3.35	331	45	...	46	5.00	143	0	79	21
3.40	321	44	...	45	5.10	137	0	77	20

## CUADRO DE TRATAMIENTO TERMICO

<p><b>RECOCIDO COMERCIAL</b>                      <b>TRATAMIENTO TÉRMICO "D"</b></p> <p>1) Calor a 1425° F. 2) Enfriamiento en aire. Se usa para restablecer en el acero templado la dureza para el mecanizado.</p>	<p>sadas, etc., y en los casos en que la exactitud y la tenacidad son más importantes que la dureza.</p>
<p><b>RECOCIDO COMERCIAL</b>                      <b>TRATAMIENTO TÉRMICO "DD"</b></p> <p>1) Calor a 1500-1550° F. 2) Enfriamiento en mica. Para eliminar las escamas, acondiciónese en carbón de leña. Se emplea en el acero de matrices U.S. para obtener la blandura máxima.</p>	<p><b>ACERO TIPO "CC"</b>                                      <b>TRATAMIENTO TÉRMICO "H"</b></p> <p>1) Calentar en plomo a 1500° F. 2) Enfriar en salmuera o solución cáustica. 3) Estirar en aceite a 350° F. Número de Rockwell 54-59. Uso en escoplos, herramientas manuales diversas, y cilindro laminadores.</p>
<p><b>HIERRO FUNDIDO</b>                              <b>TRATAMIENTO TÉRMICO "CC"</b></p> <p>1) Calor en el horno hasta 1400-1450° F. 2) Enfriar lentamente en horno o mica. Se usa para planchas superficiales antes del mecanizado.</p>	<p><b>ACERO TIPO "E"</b>                                              <b>TRATAMIENTO TÉRMICO "AA"</b></p> <p>1) Calentar a 1470-1500° F. 2) Enfriar en salmuera. 3) Estirar a presión en aceite a 350-375° F. 4) Temple de estirado, si está especificado. Número de Rockwell 43-46.</p>
<p><b>ACERO TIPO "A"</b>                                      <b>TRATAMIENTO TÉRMICO "A"</b></p> <p>1) Cementar a 1700° F. 2) Enfriar en hornos de cementación. 3) Recalentar a 1650° F. 4) Enfriar en aire. 5) Recalentar a 1560° F. 6) Templar en salmuera. 7) Estírese a presión en aceite 350-375° F. Número de Rockwell "C": 62-64. Se emplea cuando la exigencia más importante es una superficie dura y un núcleo blando. El tratamiento térmico "A" no debe usarse nunca cuando se desea la deformación mínima. Su uso ha resultado adecuado en la fabricación de bujes para trabajos pesados, grandes sin fines y engranajes, en que una superficie dura es más importante que la exactitud.</p>	<p><b>ACERO TIPO "EE"</b>                                              <b>TRATAMIENTO TÉRMICO "BB"</b></p> <p>1) Calentar a 1470-1500° F. 2) Enfriar en salmuera. 3) Estirar a presión en aceite a 350-375° F. 4) Temple de estirado si está especificado. Número de Rockwell 51-55.</p>
<p><b>ACERO TIPO "A"</b>                                      <b>TRATAMIENTO TÉRMICO "E"</b></p> <p>1) Cementar a 1700° F. 2) Enfriar en hornos de cementación. 3) Recalentar a 1650° F. 4) Enfriar en aire. 5) Recalentar a 1560° F. 6) Enfriar en aceite. 7) Estirar a presión en aceite a 350-375° F. 8) Templado de estiramiento, si está especificado. Número de Rockwell 56-64. Para secciones delgadas y partes complicadas con el objeto de eliminar la deformación.</p>	<p><b>ACERO TIPO "EE" Y "EEE" C</b>                                      <b>TRATAMIENTO TÉRMICO "ST"</b></p> <p>1) Prerrecocer a 1700-1750° F. 2) Enfriar en aire. 3) Calentar en cianuro a 1470° F. 4) Templar en solución. Número de Rockwell 33-39.</p>
<p><b>ACERO TIPO "AAA"</b>                                      <b>TRATAMIENTO TÉRMICO "B"</b></p> <p>1) Calentar en cianuro a 1500° F. 2) Dejar en reposo de 5 a 10 minutos. 3) Enfriar en aceite. 4) Estirar a presión en aceite a 350-375° F. Especificar el grado de dureza Rockwell requerido. Se usa para tornillo acme, árboles portafresas, husillos de muelas, contratueras de seguridad, mandriles para machos, engranajes y sin fines pequeños, etc. Para piezas grandes, cuando el cianuro no está disponible, calentar en horno.</p>	<p><b>ACEROS TIPOS "G", "GG" Y POBRE EN CARBONO</b></p> <p>Empléese tratamientos térmicos "O" y "P". (Ver acero para máquinas).</p>
<p><b>ACERO TIPO "AAA"</b>                                      <b>TRATAMIENTO TÉRMICO "C"</b></p> <p>1) Labra grosera. 2) Calentar a 1560° F. 3) Enfriar en salmuera o solución cáustica. 4) Estirar a 950-1050° F. 5) Enfriar en aceite. 6) Acabado a máquina. Número de Rockwell 30-34. Usar para grandes engranajes, ejes de inducido, grandes árboles portabrocas, diversas piezas de máquinas pe-</p>	<p><b>ACERO (HERRAMIENTAS) TIPO "R"</b>                                      <b>TRATAMIENTO TÉRMICO "QQ"</b></p> <p>1) Calentar a 1450-1475° F. 2) Enfriar en salmuera. 3) Estirar a presión en aceite a 350-375° F. 4) Temple de estirado, si está especificado. Número de Rockwell 55-59. Para cizallas, matrices y punzones para trabajos pesados.</p>
	<p><b>ACERO (HERRAMIENTAS) TIPO "R"</b>                                      <b>TRATAMIENTO TÉRMICO "SS"</b></p> <p>1) Calentar en plomo a 1450-1475° F. 2) Enfriar en salmuera. 3) Estirar a presión en aceite a 375° F. 4) Temple de estirado, si está especificado. Número de Rockwell de acuerdo con la especificación. Se emplea para cinceles de calafatear, brocas, martillos mecánicos, espigas de arrastre, picos y destornilladores.</p>
	<p><b>ACERO (HERRAMIENTAS) TIPO "RR"</b>                                      <b>TRATAMIENTO TÉRMICO "Q"</b></p> <p>1) Calentar a 1400-1450° F. 2) Enfriar en salmuera. 3) Estirar a presión en aceite a 350-375° F. 4) Temple de estirado, si está especificado. Número de Rockwell según la especificación. Se usa para rodamientos esféricos, bujes, levas, calibres hembras, árboles, fijadores, calibres cilíndricos, calibres de compás, platos de mandriles, botones inmóviles, blo-</p>

ques en "V", etc. Usar cuando se desea la dureza máxima. La temperatura está determinada por el tamaño del acero. Para piezas pequeñas, templar en aceite, si puede obtenerse la misma dureza.

**ACERO (HERRAMIENTAS) TIPO "RR"**

**TRATAMIENTO TÉRMICO "S"**

1) Calentar en plomo a 1400-1450° F. 2) Enfriar en salmuera. 3) Estirar a presión en aceite a 450° F. 4) Temple de estirado, si está especificado. Usar para endurecimiento parcial.

**ACERO (RESORTES) TIPO "S" TRATAMIENTO TÉRMICO "SP"**

1) Calentar a 1450° F. 2) Templar en aceite. 3) Temple de estirado a 750° F. Número de Rockwell 41-44. Se emplea para alambre de resortes de 6,35 mm de diámetro para abajo.

**ACERO (RESORTES) TIPO "SS"**

**TRATAMIENTO TÉRMICO "SSP"**

1) Calentar a 1450° F. 2) Enfriar en aceite. 3) Temple de estirado a 750° F. Número de Rockwell 41-44. Se emplea para alambre de resortes de 6,35 mm. de diámetro para arriba.

**ACERO PARA MÁQUINAS Y LAMINADO EN FRÍO**

**TRATAMIENTO TÉRMICO "O"**

1) Calentar en cianuro a 1500-1560° F (dejar estar 10 minutos). 2) Enfriar en salmuera (las piezas pequeñas en aceite). A prueba de lima. Se usa para superficies duras no sujetas a desgaste. No rectificar. Adecuado para grampas, plantillas de posición, zapatas de presión y separadoras, guías, pernos, tuercas y arandelas.

**ACERO PARA MÁQUINAS Y LAMINADO EN FRÍO**

**TRATAMIENTO TÉRMICO "P"**

1) Cementar a 1700° F. 2) Enfriar en la caja de cementación. 3) Recalentar a 1650° F. 4) Enfriar en aire. 5) Recalentar a 1425° F. 6) Enfriar en salmuera. 7) Enfriar a presión en aceite a 350-375° F. Número de Rockwell 62-64. Debido a la formación blanda del núcleo, debe ser usado para piezas difíciles de enderezar. Este tratamiento térmico debe emplearse, también para templados selectivos, en que es necesario mecanizar después del endurecimiento. 1) Apartar el material; 2) cementar; 3) retirar la caja; 4) templar; 5) mecanizar. (Ver preguntas 17 y 18.)

**ACERO RÁPIDO**

**TRATAMIENTO TÉRMICO "G"**

1) Precalentar a 1400-1450° F. 2) Recalentar a 2350° F. 3) Enfriar en aceite. 4) Estirar en horno a 1050-1100° F., si la especificación no indica otra cosa. Número de Rockwell 63, como mínimo. Uso en cortadoras de engranajes, fresas matrices, escariadores.

**ACERO RÁPIDO**

**TRATAMIENTO TÉRMICO "J"**

1) Precalentar a 1400-1450° F. 2) Recalentar a 2300-2350° F. 3) Enfriar en aire. 4) Estirar en horno a 1050, 1100° F, si la especificación no indica otra cosa. Número de Rockwell 62-64. Se usa para fresas escariadoras largas, de dos ranuras; herramientas largas y finas, y para eliminar la deformación. Para reducir la fragilidad en los tratamientos térmicos "G" y "J", reestirar en nitrato a 700-800° F durante tres o cuatro horas.

**ACERO RÁPIDO**

**TRATAMIENTO TÉRMICO "L"**

1) Precalentar a 1400-1450° F. 2) Recalentar a 2350° F. 3) Enfriar en cianuro a 1050-1100° F. 4) Estirar en horno a 1050° F. Número de Rockwell 63, como mínimo. Utilizado únicamente para herramientas de perfilar especiales, roscas, fresas y herramientas similares, donde la exactitud es muy importante.

**ACERO RÁPIDO**

**TRATAMIENTO TÉRMICO "SPG"**

1) Precalentar a 1450° F. 2) Recalentar a 2300° F. 3) Enfriar en aire. 4) Precalentar a 1450° F. 5) Recalentar a 2350-2400° F. 6) Enfriar en aceite. 7) Estirar en horno a 1050° F. 8) Acabado a estampa. Número de Rockwell C 64, como mínimo. Se usa para herramientas de perfilar, barrenas-fresas, alisadores, enfrentadores, cortadores para máquinas de cerrillar, limas, etc.

**ACERO RÁPIDO (ESPECIAL)**

Tratamiento térmico especial antes de rebajar las cuchillas de acero rápido. 1) Calentar a 1650° F. 2) Estirar a 1200° F. 3) Enfriar en aceite. Número de Rockwell 34-36. Enarenado a soplete.

**ACERO SEMIRRÁPIDO**

**TRATAMIENTO TÉRMICO "X"**

1) Precalentar a 1500° F. 2) Recalentar a 2050-2100° F. 3) Estirar a 1175-1250° F. Número de Rockwell 46-50. Se usa para material caliente solamente.

**ACERO AL CROMO QUE NO SE CONTRAE**

**TRATAMIENTO TÉRMICO "M"**

1) Precalentar a 1200-1250° F. 2) Recalentar a 1860-1880° F. 3) Enfriar en aire. 4) Estirar a 980-1000° F. Número de Rockwell 59, como mínimo. Se usa para matrices.

**ACERO AL CROMO QUE NO SE CONTRAE**

**TRATAMIENTO TÉRMICO "N"**

1) Acondicionar en carbón de leña. 2) Calentar lentamente a 1850° F. 3) Sacar del envase; enfriar en aire. 4) Estirar a 350° F. Número de Rockwell 63, como mínimo. Se usa para engranajes maestros, calibres, etc. Piezas para dureza y desgaste extremados.

**ACERO AL CROMO QUE NO SE CONTRAE****TRATAMIENTO TÉRMICO "R"**

- 1) Precalentar a 1250° F. 2) Recalentar a 1860-1880° F. 3) Enfriar en aire. 4) Estirar a 750° F. Número de Rockwell 56-58. Se usa para pequeños detalles.

**ACERO QUE NO SE CONTRAE C****TRATAMIENTO TÉRMICO "MM"**

- 1) Precalentar a 1250° F. 2) Recalentar a 1850° F. 3) Enfriar en aire. 4) Estirar a 980-1020° F. 5) Enfriar en aire. Número de Rockwell 58-62.

**ACERO QUE NO SE CONTRAE TRATAMIENTO TÉRMICO "V"**

- 1) Calentar a 1400-1450° F. 2) Enfriar en aceite. 3) Estirar a presión en aceite a 350-375° F. 4) Temple de estirado si está especificado. Número de Rockwell 60-62. Se usa para piezas complicadas, en las cuales se desea la deformación mínima.

**ACERO QUE NO SE CONTRAE TRATAMIENTO TÉRMICO "Z"**

- 1) Calentar en plomo a 1400-1440° F. 2) Enfriar en aceite. 3) Estirar a presión en aceite a 350-375° F. 4) Temple de estirado si está especificado.

**ACERO PARA MATRICES U. S. TRATAMIENTO TÉRMICO "F"**

- 1) Calentar a 1560-1600° F. 2) Enfriar en aceite. 3) Sacar del aceite mientras está caliente a 600° F. 4) Dejar que el aceite se quemé. Se usa para matrices y punzones para las máquinas Ajax y National, diversas partes pequeñas y brocas.

**ACERO TRABAJADO EN CALIENTE FORD****TRATAMIENTO TÉRMICO "FF"**

- 1) Calentar a 1600° F. 2) Enfriar en aceite. 3) No estirar. Número de Rockwell 41-45. Se usa para matrices y punzones para las máquinas Ajax y National, todas las llaves tubulares.

**TACOS FORD N° 1****TRATAMIENTO TÉRMICO "W"**

- 1) Calentar en horno a 1400-1450° F. 2) Enfriar en aceite. Número de Rockwell 39-44. Se usa para matrices de forja. Estirar a 800-850° F; el tiempo de esta operación depende del tamaño de la matriz.

**ACERO PARA INSERCIONES TRATAMIENTO TÉRMICO "DS"**

- 1) Calentar a 1620° F. 2) Enfriar en aire (ventilador). 3) Estirar a 1050-1075° F. Número de Rockwell 42-46. Se usa para inserciones en las matrices, matrices de estampar en caliente, etc.