

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



CONSTRUCCION DE UN DISPOSITIVO JOMINY  
PARA TEMPLABILIDAD

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO QUIMICO METALURGICO

P R E S E N T A

315

SALVADOR FRANCISCO MONTIEL GARCIA

MEXICO, D.F.

1976.



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.

Tesis

ALQ 1976

FECHA

PROC. 114

306

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE : FERNANDO MALDONADO MENDOZ .

VOCAL: KURT H. NADLER GUNDEISHEIMER.

SECRETARIO: HUMBERTO MALAGON ROMERO.

1er. SUPLENTE: MA. EUGENIA NOGUEZ ANAYA.

2o. SUPLENTE: ALEJANDRO ESPRIU MARRIQUE.

Sitio donde se desarrolló el tema: Laboratorio de Metalurgia Física, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México.

Sustentante: Salvador Francisco Montiel García.

Firma: \_\_\_\_\_

Asesor: I.Q.M. Humberto Malagón Romero.

Firma: \_\_\_\_\_



Con amor y respeto

A la memoria de mi madre:

DINORAH GARCIA DE MONTIEL.

Con agradecimiento

A mis hermanos que supieron alentarme  
en los momentos más difíciles:

URANIA, ROBERTO, DINORAH, NERIA y JORGE.

Con cariño

A mi hijo: SALVADOR FRANCISCO.

Con amor

A mi esposa: MA. ELENA.

AL Ing. HUMBERTO MALAGON ROMERO  
Con sincero agradecimiento.

A mis compañeros y amigos.

# I N D I C E

Págs.

1.- INTRODUCCION .....	2
II.-GENERALIDADES .....	3
Examen de Fractura .....	3
Curvas de Dureza de Redondos de Diferentes Diá- metros Templados.....	4
Curvas de Resistencia .....	7
Ataque Químico de las Secciones Templadas .....	8
Determinación de la Zona con 50% de Martensita....	11
Diámetro Crítico Ideal .....	16
Determinación de la Curva Jominy en Función de la Composición y del Tamaño de Grano.....	21
Determinación del Diámetro Crítico Ideal de un - Acero por Medio del Ensayo Jominy .....	30
III.- ENSAYO JOMINY.....	32
Norma del Método de Prueba para Determinar la Tem- plabilidad del Acero. (Prueba Jominy).....	35
IV.- PARTE EXPERIMENTAL.....	52
V .- OBSERVACIONES .....	60
BIBLIOGRAFIA .....	62
APENDICE	
Bandas de Templabilidad para Diferentes Aceros - Aleados .....	64

## 1.- INTRODUCCION.

La idea de la realización de este trabajo nació a raíz de la necesidad del laboratorio de tratamientos térmicos, de -- contar con el equipo necesario para llevar a cabo uno de los ensayos más importantes; El ensayo Jominy; y más aún, para cono-- cer la dureza máxima y mínima que es posible obtener en cada -- clase de acero, la influencia de los elementos de aleación, la determinación del diámetro crítico, la penetración del temple y -- la dureza crítica.

El ensayo Jominy, que en comparación con otras pruebas que se mencionan posteriormente en el primer capítulo del pre-- sente trabajo, es quizás el más laborioso, pero el que mejores-- resultados e información nos puede dar en lo concerniente a propiedades mecánicas de los aceros. De aquí la necesidad de con-- tar en el laboratorio con un dispositivo para llevar a cabo tal prueba.

## 11. GENERALIDADES.

Como el comportamiento de los aceros en el temple es de gran interés para decidir su utilización, se han desarrollado numerosos procedimientos para ponerlo de manifiesto. Entre ellos los más utilizados son: 1) El examen de la fractura de las barras templadas 2) El estudio de las curvas de dureza o de resistencia 3) El ataque químico de las secciones transversales templadas 4) La determinación de las zonas de 50% de martensita y 5) El ensayo Jominy.

Los factores que hay que conocer y tener en cuenta para determinar la penetración de temple de un acero, son dos: la dureza y la distribución de la dureza en el interior de las piezas.

### Examen de Fractura.

Uno de los procedimientos más antiguos para determinar la templabilidad, es el ensayo de fractura de los aceros templados. Es muy práctico y simple, aunque solo suele utilizar en los aceros de herramienta al carbono y carbono-vanadio u otros de baja aleación.

Consiste en preparar una serie de probetas cilíndricas en talladas de  $3/4$  de pulgada (19.05 mm) de diámetro y 125 mm de longitud, que son templadas en agua a temperatura de  $790^{\circ}$ ,  $815^{\circ}$   $850^{\circ}$ C. Después se rompen por choque y se examinan las fracturas. Por la diferencia, entre el grano de fractura generalmente grueso en la zona central (sin templar), y fino en la periferia (templado), se conoce fácilmente la profundidad de temple alcanzada en cada caso, (Fig:1).

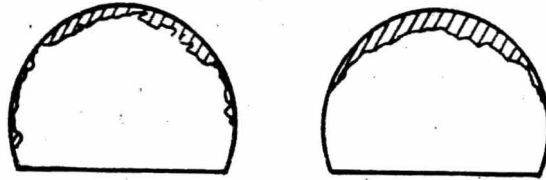


Fig 1 Aspecto de la fractura de dos barras de acero de 0.90 % de C, Templadas a 790° y 850°

### Curvas de Dureza de Redondos de Diferentes Diámetros Templados.

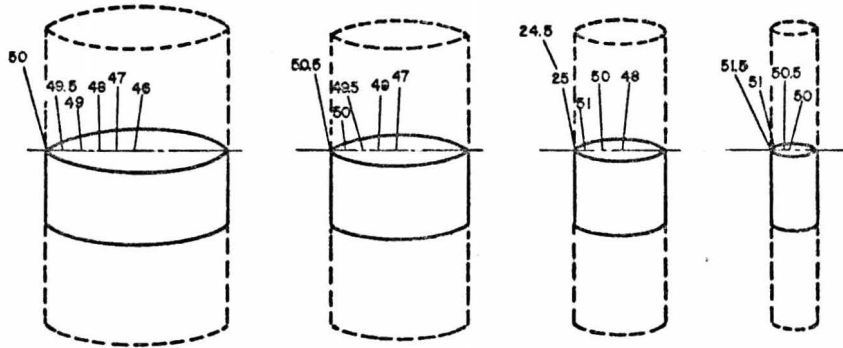
Otro de los procesos empleados para conocer la templabilidad de los aceros, consiste en determinar después del temple la dureza en el interior de redondos de acero.

Se comienza preparando por forja o laminación una serie de barras de diversos diámetros, que después de un ligero torneado se dejan a medidas escalonadas, por ejemplo de 25, 50, 75, 100, 150 y 250 mm de diámetro. Luego se temple esos redondos y a continuación se cortan las barras y se determinan las durezas en la sección transversal, desde la periferia al centro. Con los resultados obtenidos se puede, finalmente, construir las curvas de dureza llamadas generalmente "Curvas U" que caracterizan a cada tipo de acero.

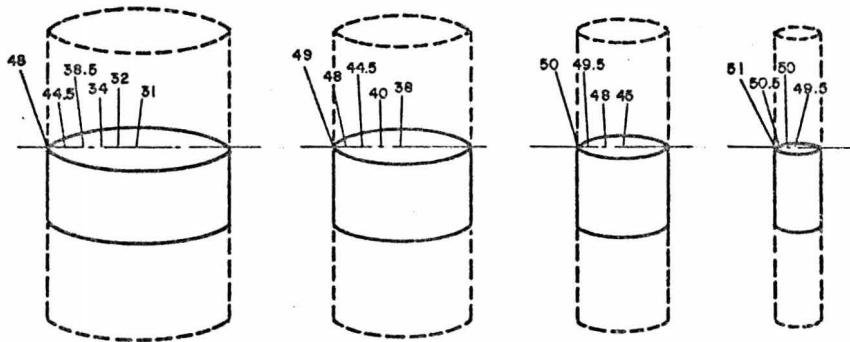
Ensayando tres aceros del mismo contenido en carbono y diferentes elementos de aleación cuya composición se da a continuación, en perfiles de 100, 75, 50 y 25 mm de diámetro templados en agua, se han obtenido los resultados señalados en la Figura 2.

# Temple en agua

Acero: cromo, níquel, molibdeno



Aceros: cromo, molibdeno



Acero al carbono

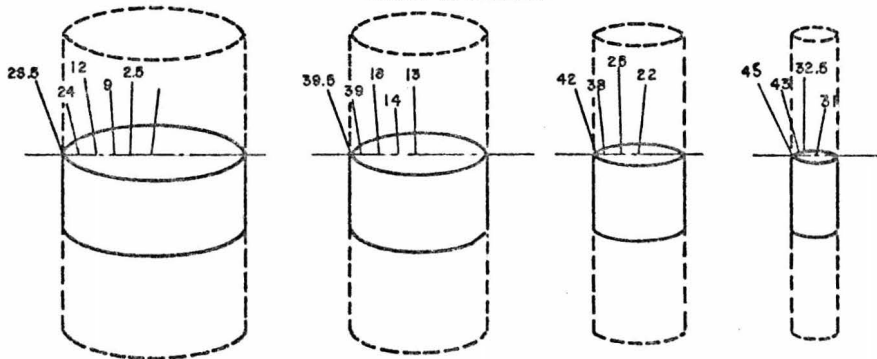


Fig 2 Forma de efectuar los ensayos de durezas para determinar la penetración de temple de los aceros



Acero núm. 1. C = 0,32% ; Cr = 0,75% ; Ni = 2,53% Mo = 0,52%  
 Acero núm. 2. C = 0,32% ; Cr = 1,03% ; Mo = 0,22%  
 Acero núm. 3. C = 0,32% ; Mn = 0,45%.

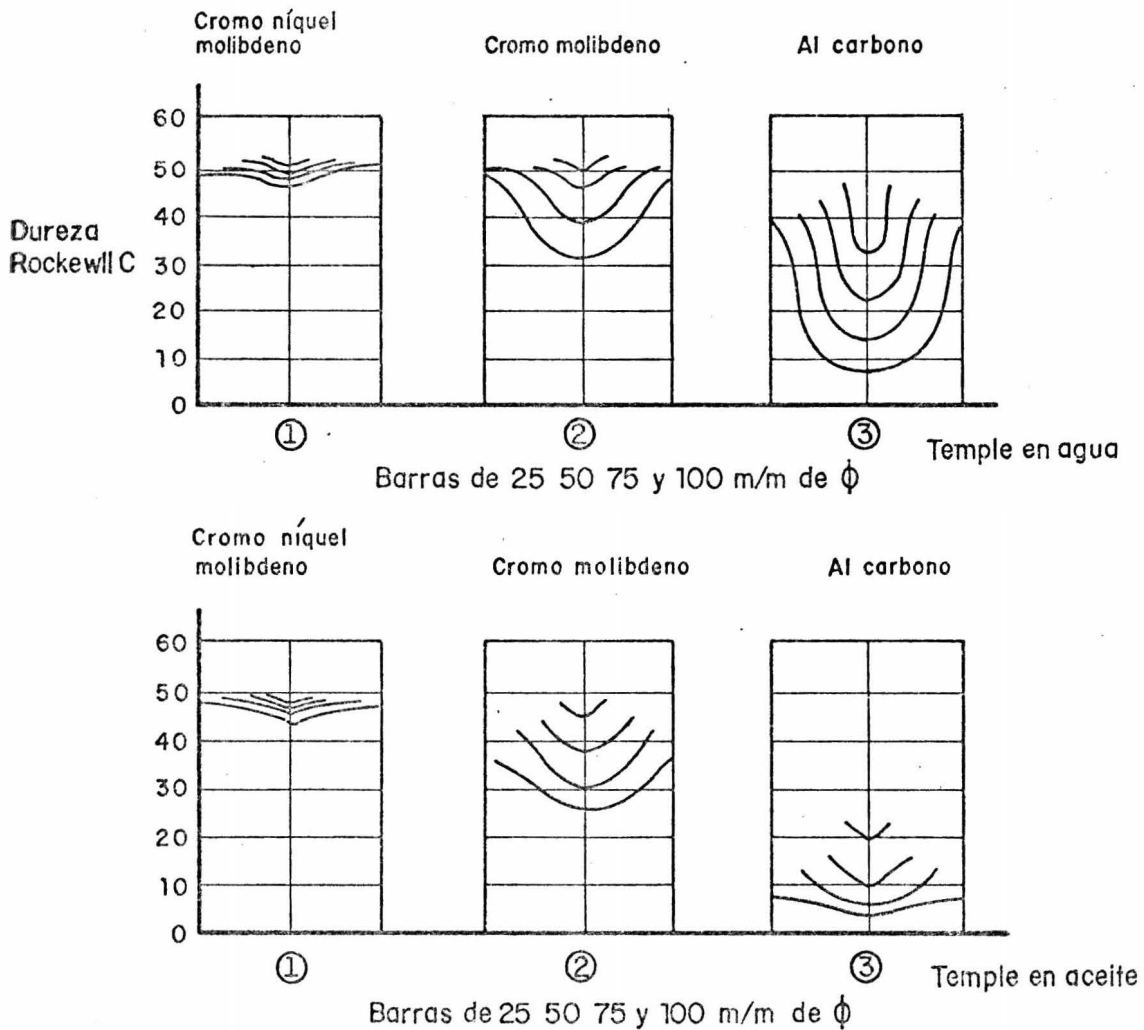


Fig 3 Curvas de dureza despues del temple de 3 acero de 0.32 % de carbono y diferente aleación ( Curvas U )

Las curvas de la Figura 3, son el resumen de los resultados -- obtenidos al templar esos aceros en agua y aceite y sirven -- para tener una idea bastante clara del comportamiento de cada uno de ellos.

### Curvas de Resistencia.

Otro procedimiento que también se puede utilizar para conocer la templabilidad de los aceros, todavía más costoso que los anteriores, consiste en sacar probetas de tracción de diferentes zonas del interior de los redondos (Fig. 4), después de haber sido estos templados previamente.

Las resistencias que se obtienen por este procedimiento y las durezas halladas en los otros citados anteriormente, son comparables y en las aplicaciones industriales no aparecen diferencias sensibles utilizando cualquiera de esos métodos.

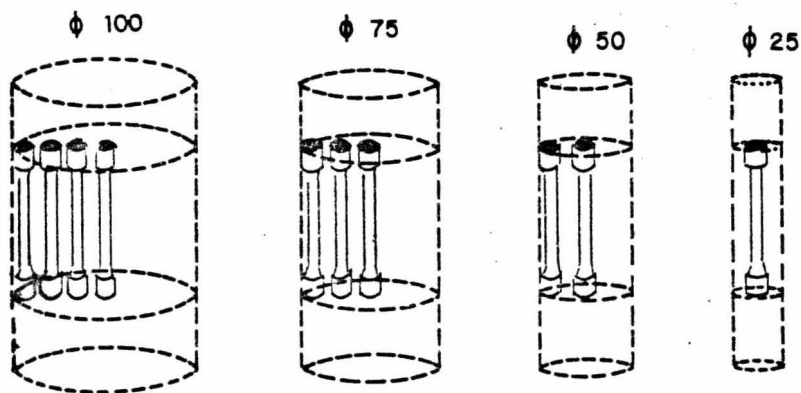


Fig 4 Forma de obtener las probetas para conocer la resistencia en el interior de los redondos de acero templado

Al efectuar este ensayo, además de tropezar con el inconveniente de que las experiencias son largas y costosas, se presenta también la dificultad de tener que cortar materiales templados de gran dureza, siendo imposible en algunos casos hacerlo con sierras ordinarias, por lo que muchas veces hay necesidad de emplear cuchillas de acero rápido, de metales duros o discos de esmeril.

## Ataque Químico de las Secciones Templadas.

Este ensayo es también muy práctico para conocer la profundidad de temple en algunas clases de aceros.

Consiste en observar las secciones transversales de barras de aceros rotas después del temple y atacadas posteriormente con ácido.

Se comienza entallando las barras, luego se templean, se rompen y se planean por rectificado las secciones con ácido nítrico al 5% (Nital-5), observandose que la zona templada queda casi sin atacar y clara. En la Fig. 5 se ve el resultado obtenido al ensayar dos barras de acero de 0.7% de carbono; una de 10mm y otra de 50 mm de diámetro.

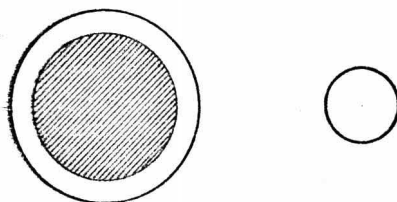


Fig 5 Ataque con Nital 5 de las secciones transversales de 2 barras de acero de 0.70% de carbono templado

El ensayo es algo parecido al de fractura, y al grano grueso de aquel ensayo, corresponde aquí, superficie obscura y al grano fino, superficie blanca.

Observando la Fig. 5, vemos que a pesar de ser las dos barras que se ensayan de la misma composición, la barra de 10 mm ha quedado blanca después de ataque, es decir ha templado toda la sección y en cambio la de 50 mm no ha templado más que en la zona externa, apareciendo el núcleo central, cuya estructura

es troostítica, sorbítica o perlítica, de color negro.

Repitiendo el mismo ensayo con redondos de 12.5 a 75 mm de diámetro de un acero de 0.80% de carbono y de un acero cromo-níquel de C= 0.40% Cr = 0.75% y Ni = 2% templados en agua, se obtienen los resultados que se pueden ver en la Fig. 6 donde claramente se observa la diferente templabilidad de ambos aceros.

En la Figura 7 se puede ver los resultados obtenidos al ensayar, por fractura y ataque por ácido, tres aceros al carbono de la misma composición y diferente tamaño de grano. En este caso, como el ataque se ha hecho con ácido clorhídrico en caliente, la zona martensítica aparece negra y el corazón blanco.

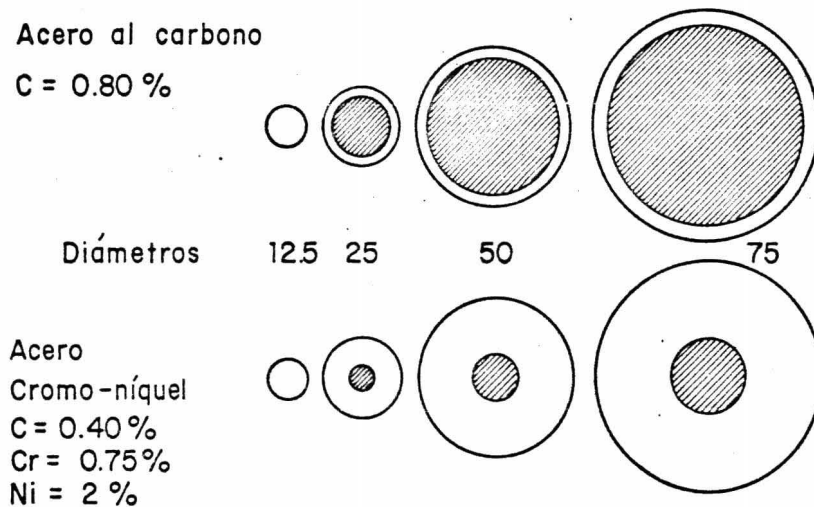
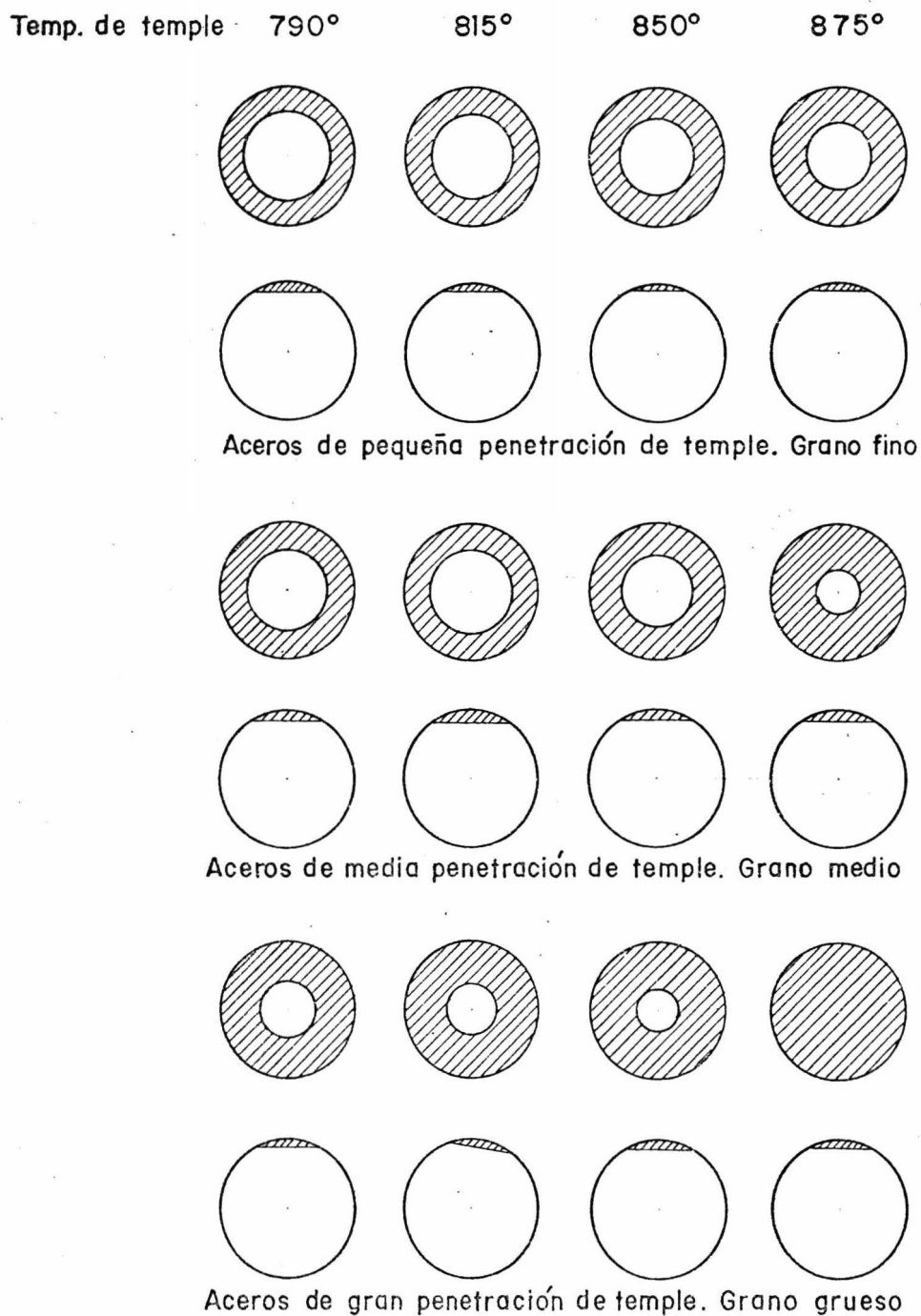


Fig 6 Ataque con Nital 5 de las secciones transversales de barras de acero al carbono y cromo-níquel templadas

Cuando se emplean los ensayos de fractura y ataque con ácido para determinar la penetración de temple en los aceros de herramienta al carbono no hay duda en la interpretación, porque la transición de la zona templada a la zona sin templar es muy brusca, y también es rápido el paso de la estructura martensítica a las estructuras troostíticas, sorbíticas o perlíticas, más



**Fig 7** Penetraciones de temple que se obtienen en tres aceros de 0.90 % de carbono, templados desde diferentes temperaturas en agua. En cada grupo los cuatro redondos de la parte superior están atacados con HCl en caliente y los 4 de abajo (sin atacar) corresponden a las fracturas de las barras ligeramente entalladas y rotas por choque.

blandas que aquellas, (Figuras 1 y 7 ). Además, en esa clase de aceros el límite entre la zona templada y la zona sin templar, suele corresponder a una estructura con 50% de martensita y a una dureza aproximada de 50 a 55 Rockwell-C.

Este conjunto de circunstancias no se repiten, sin embargo, en los aceros de bajo contenido en carbono, en los que es más difícil conocer la profundidad de la penetración del temple, observando solo la sección transversal rota o atacada. A pesar de ello, en estos casos también se suele tomar como zona de transición y límite entre las zonas templadas y sin templar la zona de material con estructura de 50% de martensita.

#### Determinación de la Zona con 50% de Martensita.

Se suele emplear cuatro métodos principales: 1; El método metalográfico que es el más utilizado para determinar con precisión las zonas con 50% de martensita, 2; El método de fractura y ataque con ácido, que conviene por lo regular, para aceros en los que la transición de la zona dura a la zona blanda (50 a 55 Rockwell-C) es brusca. En ellos la zona de 50% de martensita se halla en el límite de separación entre la zona de grano grueso que corresponde en las secciones atacadas al límite entre la zona blanca y la negra ( Figs. 5 y 6 ).

3; También se hace esa determinación haciendo una serie de durezas en una sección transversal del acero templado y observando luego donde se obtiene una dureza determinada que corresponde al 50% de martensita. Esa dureza se puede conocer con ayuda de la Fig. 8 en la que se dan las durezas que tienen los aceros al carbono cuando su estructura tiene un porcentaje de martensita determinado, que se ha comprobado experimentalmente que es constante y depende exclusivamente del contenido de carbono.

En los aceros aleados esa dureza suele ser ligeramente superior, llegando a ser en el caso máximo cuatro puntos Rockwell-C más elevada que la correspondiente a los aceros sin aleación.

Se observará que las durezas que se señalan en la Figura 9 para diversos contenidos en carbono, son algo superiores a las de 99.9% de martensita de la Figura 8.

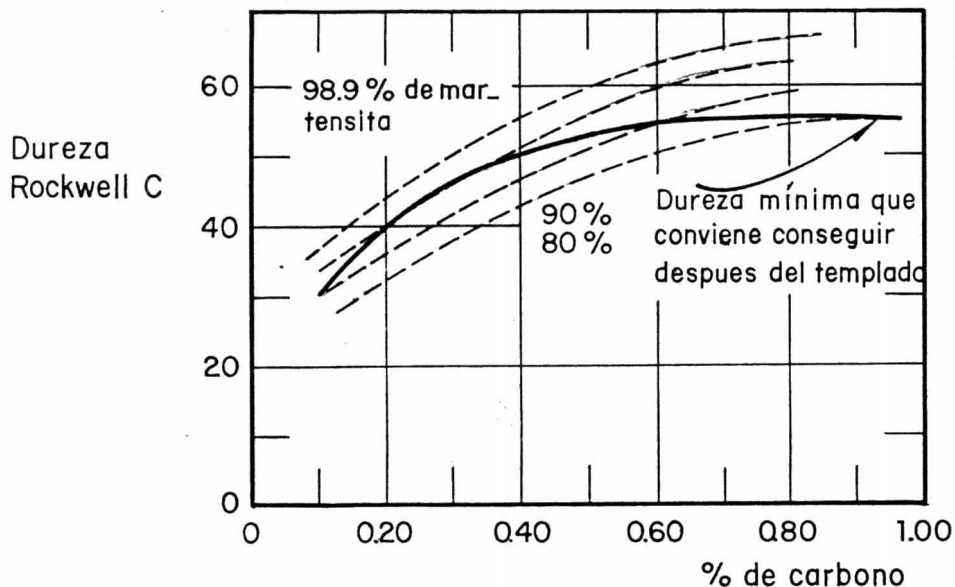


Fig 8 Promedio de durezas que se obtienen en los aceros al carbono después del temple en función del contenido en carbono y según el porcentaje de martensita obtenida (según J.M Hodge y M.A Orehoski )

Esto es debido a que las últimas corresponden a un promedio de los resultados industriales, en los que algunas veces se reúnen las condiciones ideales para alcanzar la dureza máxima como son las temperaturas y velocidades de enfriamiento suficientes, completa homogeneidad de la austenita, ausencia de carburos y partículas sin disolver en la austenita, y en cambio, las señaladas en la Figura 9 son las máximas conseguidas en ensayos de laboratorio efectuados en las mejores condiciones.

4°.- Otro método para hacer esa determinación, consiste en buscar el punto de inflexión de las curvas de dureza de las secciones transversales, que suele corresponder con bastante -

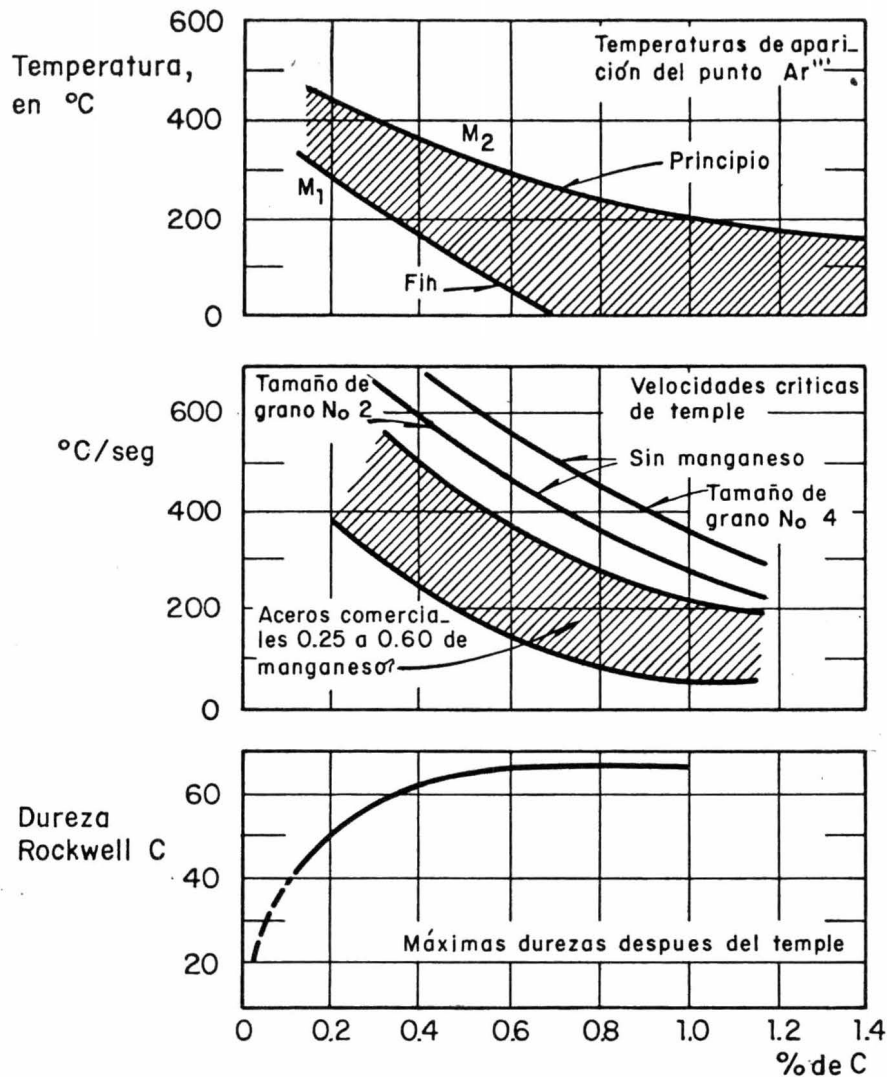


Fig 9 Influencia del contenido en carbono de los aceros, sobre la temperatura de aparición del punto  $Ar'''$ , sobre las velocidades de críticas de temple y sobre las máximas durezas que se pueden obtener

aproximación precisamente a la zona de 50% de martensita.

Aunque generalmente, se considera que el temple de un acero es aceptable, cuando la microestructura está formada por



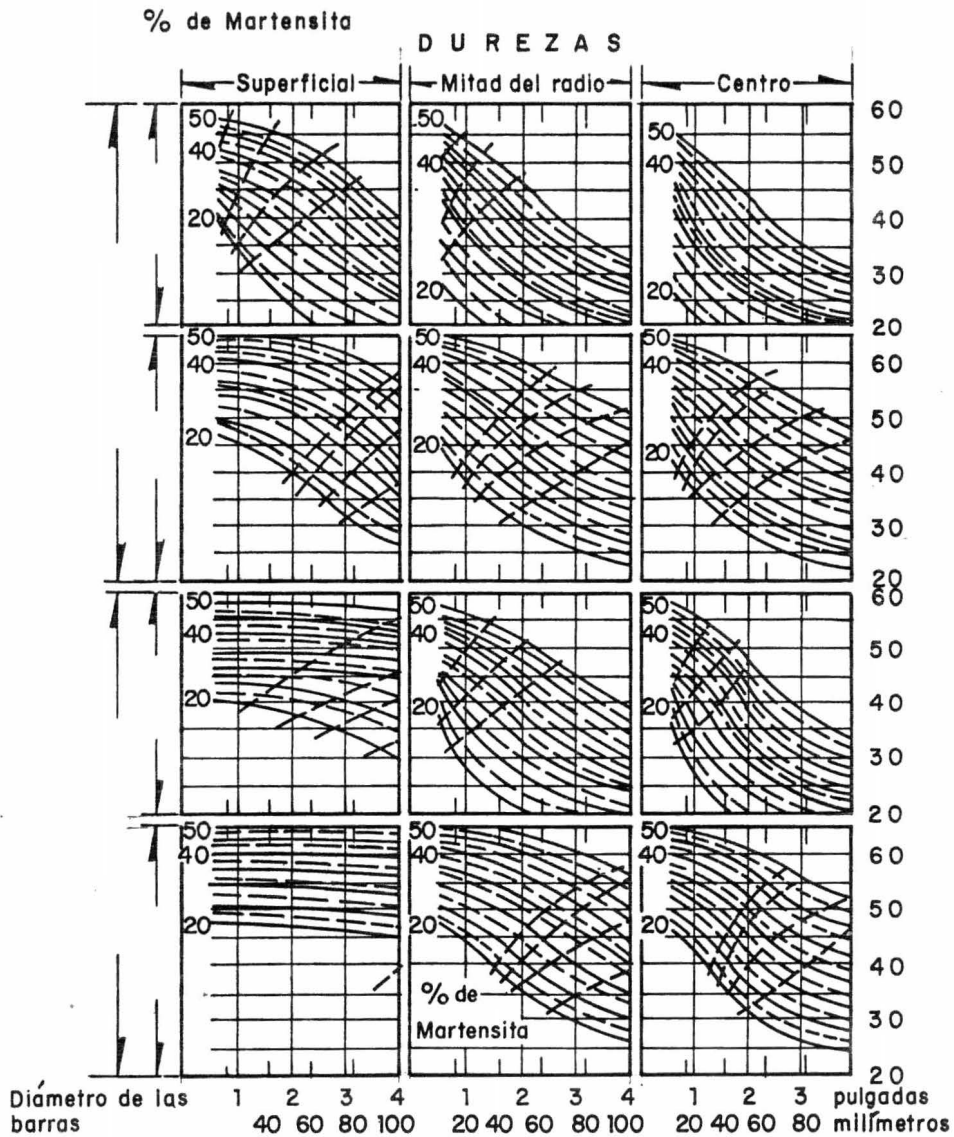


Fig 10 Durezas y porcentajes de martensita máximos y mínimos que se obtienen en la superficie, mitad del radio y centro de redondos de acero de 10 a 100 mm de diámetro templados en agua o aceite

Contenidos en carbono variables de 0.20 a 0.50 %  
 Mn=0.90% ; Cr = 0.5 % ; Ni=0.20% ; Mo =0.55 %

lo menos con 50% de martensita, se ha comprobado sin embargo, recientemente, que para conseguir después del temple y revenido las mejores características mecánicas, el porcentaje de martensita debe ser un poco mayor, y variable entre 50 y 90%, según el contenido en carbono de acero, como se puede ver en la Fig. 8, en la que se señalan también las durezas mínimas que deben conseguirse después del temple para conseguir después -- del revenido resultados satisfactorios.

Con ayuda de las gráficas de la Fig. 10, se pueden conocer las durezas y los porcentajes de martensita máximos y mínimos que se consiguen en la superficie, mitad del radio y centro de diversos aceros de la serie A.I.S.I., 8,600 H templados en agua o en aceite.

Las gráficas están preparadas para aceros de contenido en carbono variable entre 0.20 y 0.50%, y sirven para redondos de 10 a 100 mm de diámetro.

## DIÁMETRO CRÍTICO IDEAL.

Para poder expresar numéricamente la templabilidad, se recurrió a un concepto muy importante que es: El Diámetro Crítico-Ideal. Fué Grossman, en 1935, quién dió a conocer sus trabajos sobre el Diámetro Crítico Ideal y fué hasta entonces cuando se llegó a poder expresar numéricamente la templabilidad de los aceros. Las cifras que da Grossman como diámetros críticos --- ideales, son valores absolutos que sirven para conocer comparativamente la templabilidad correspondiente a un acero de composición y tamaño de grano determinado.

Se denomina "Diámetro Crítico Ideal",  $D_i$  de un acero, al -- diámetro ( expresado en pulgadas) del mayor redondo de ese acero, en cuyo centro se consigue una estructura microscópica con 50% de martensita, después de ser enfriado, desde la temperatura de temple, en un medio de enfriamiento teórico, cuya capacidad de absorción de calor fuese infinita.

Empleando ese medio teórico de enfriamiento, se conseguiría que la temperatura de la superficie de la barra bajase instantáneamente a la temperatura del medio de temple y se mantuviera así durante todo el proceso de enfriamiento.

El diámetro ideal teórico se puede determinar prácticamente en la forma que a continuación se señala:

Se halla primero para un acero y para un medio de enfriamiento el "diámetro crítico "  $D_c$ , que es el diámetro ( expresado en pulgadas) del mayor redondo, en el que después del temple en ese medio de enfriamiento se consigue en el corazón una estructura con 50% de martensita. Esto quiere decir, que un acero tiene para cada medio de enfriamiento un diámetro crítico -- fijo.

Si se quiere determinar el diámetro crítico correspondiente a un acero de 0.41 % de C, 0.60% de Cr y 1.20 % de Ni templado en agua, se prepara una serie de redondos de diferentes diámetros que se templan en agua. Luego se cortan transversalmente las barras, observándose el efecto del temple en las secciones transversales y se determina la situación de la zona de 50% de martensita empleando uno de los medios explicados anteriormente. En este caso (Fig. 11 ) se ha empleado el ataque con ácido.

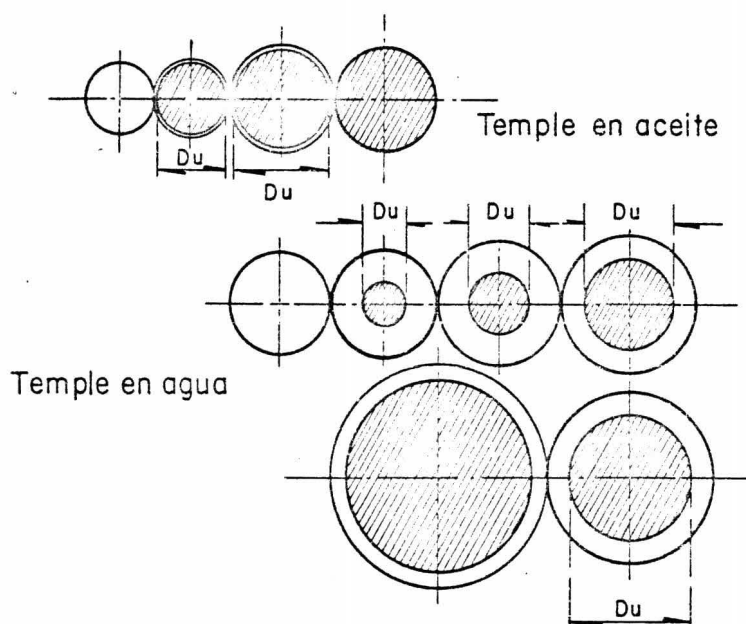


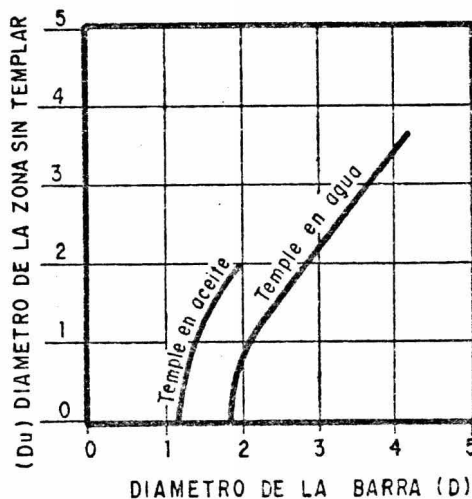
Fig 11 Profundidades de temple que se obtienen en diversos redondos de un acero de 0.41% de C; 0.60 % de Cr y 1.20 % de Ni; templados en agua y aceite

Luego se construye (Fig. 12) la curva correspondiente a ese ensayo (temple en agua), tomando en cada caso, en abscisas, el diámetro  $D$  del redondo ( en pulgadas) que se ha ensayado, y en ordenadas, el diámetro  $D_u$  de la zona que ha quedado sin temple ( con menos de 50% de martensita). La intersección de la curva que determina los puntos obtenidos en el ensayo, con el eje de abscisas, señala el valor del diámetro crítico correspondiente al acero que se está ensayando templado en agua. Esta intersección señala el diámetro del redondo en el que no ha-

quedado ninguna parte sin templar,  $D_u = 0.$ , En nuestro caso el diámetro crítico es 1.80. Ensayando el mismo acero con enfriamiento en aceite, se encuentra 1.2 como el valor del diámetro crítico.

Para hallar luego el diámetro crítico ideal, se determina previamente en la tabla 1, el valor numérico de la severidad de temple correspondiente al enfriamiento empleado, que depende del medio y del grado de agitación del líquido y de la pieza, que en este caso es 1.5 por ser el que corresponde al agua tranquila con ligero movimiento de la pieza.

**FIGURA 12**  
DETERMINACION DE LOS DIAMETROS CRITICOS  
DE UN ACERO TEMPLADO EN AGUA Y ACEITE



Esa tabla fue preparada por Grossman y sus colaboradores, designando con el nombre de severidad de temple (H) los valores del poder refrigerante de los diferentes medios de enfriamiento donde los valores numéricos comprendidos entre 0.02 para el aire tranquilo, hasta 12 para el agua en movimiento muy violento, tomando como unidad el coeficiente correspondiente al agua tranquila. Cuando se quiere hacer esta determinación con precisión, se utiliza en lugar de esta tabla una gráfica especial -

que sirve para conocer con más exactitud, de acuerdo con las curvas de la Fig. 12. la severidad de temple realmente conseguido en la experiencia.

TABLA 1

SEVERIDAD DE TEMPLE (H) DE DIVERSOS MEDIOS DE ENFRIAMIENTO				
CLASE DE ENFRIAMIENTO	AIRE	ACEITE	AGUA	AGUA SALADA
Pieza y medio de enfriamiento tranquilo	0.02	0.3	1	2.2
Pieza movido moderadamente y medio de enfriamiento tranquilo.	—	0.4 - 0.6	1.5 - 3	—
Pieza agitada fuertemente y medio de enfriamiento tranquilo.	—	0.6 - 0.8	3-6	7.5
Refrigeración muy intensa por gran movimiento de la pieza en el agua o empleo de ducha	—	1 - 1.7	6-12	—

Finalmente, en la gráfica de la Figura 13, preparada también por Grossman, se determina el diámetro crítico que corresponde a una severidad de temple de valor infinito, al que se llama "Diámetro Crítico Ideal."

Para ello, en la Figura 13, se busca en la curva  $H = 1.5$  -- que corresponde al enfriamiento en agua tranquila con ligero movimiento de la pieza ( severidad de temple 1.5), el valor -- 1.80 del diámetro crítico hallado anteriormente, y se obtiene -- el valor de 2.50, que es del "Diámetro Crítico Ideal del Acero" que se esta ensayando.

Si se quisiera determinar el diámetro crítico ideal con los datos obtenidos al templar en aceite, hallaríamos en la curva  $H=0.5$  (severidad de temple), el valor 1.2 del diámetro crítico correspondiente al enfriamiento en aceite que nos señalará también 2.5 para el diámetro crítico ideal.

Con ayuda de la Figura 13, también se puede determinar para un acero dado, en que se conozca el diámetro crítico ideal (dado por ejemplo en el catálogo de la acería) el diámetro crítico correspondiente a un medio de enfriamiento determinado

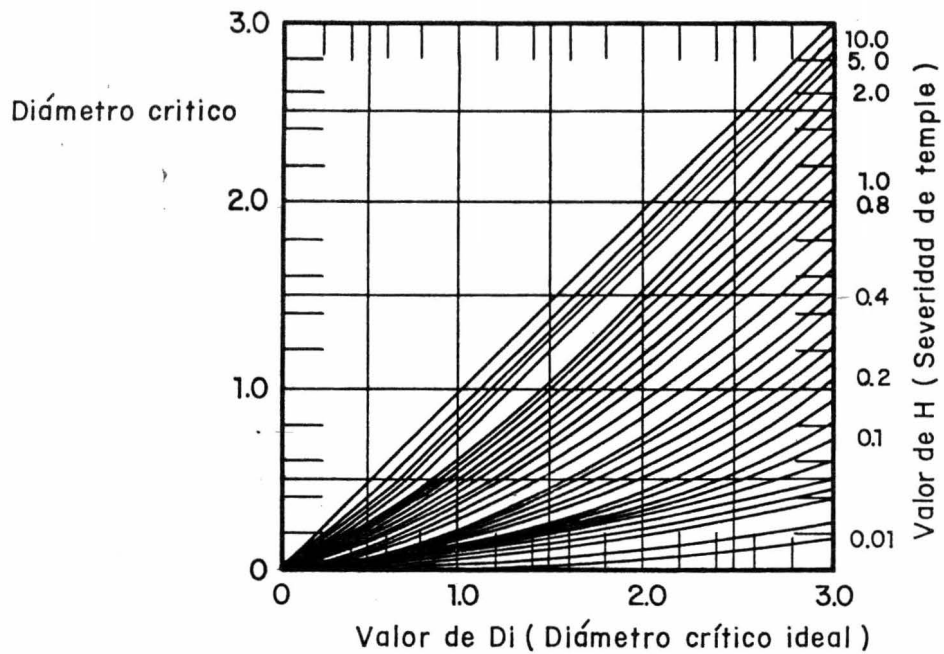


Fig 13 Gráfica que relaciona los diámetros críticos, las severidades de temple y los diámetros críticos ideales de los aceros

DETERMINACION DE LA CURVA JOMINY EN FUNCION DE LA COMPOSICION  
Y DEL TAMAÑO DE GRANO.

En 1942, M.A. Grossman, dió a conocer un método para determinar la templabilidad de los aceros con una aproximación de un 10 a 15%, en función de la composición y del tamaño de grano. En este procedimiento se determina primero la templabilidad base de cada acero, que dependen en cada caso del contenido en carbono y del tamaño del grano, y luego se multiplica -- ese valor por diversos factores que dependen del contenido de cada uno de los elementos de aleación que tiene el acero que se estudia. Los resultados obtenidos al emplear ese método, -- son muy concordantes con los que se obtienen experimentalmente en los aceros ordinarios y de baja aleación de 0.30 a 0.50% de carbono; en cambio, al determinar la templabilidad de los aceros de 0.20 a 0.30% de carbono, se obtienen durezas elevadas, y para los aceros de alto contenido en carbono y para los de alta templabilidad, los resultados son poco exactos. Posteriormente y tomando como base ese trabajo, se ha dado a conocer -- procedimientos para determinar la curva Jominy de los aceros, en función de su composición y del tamaño de grano, en los que se comienza siempre por determinar primero el diámetro crítico ideal.

Uno de los procedimientos más prácticos, es el que se describe con un ejemplo a continuación.

La composición del acero cuya curva Jominy se quiere determinar es la siguiente:

C = 0.40 %

Mn = 0.80 %

Si = 0.25 %

Ni = 0.50 %

Cr = 0.50 %

Mo = 0.25 %

y su tamaño de grano es 7.



C %	Tamaño de Grano				Mn	Si	Ni	Cr	Mo	Rc 1/16"
	# 5	# 6	# 7	# 8						
0.01	0.0380	0.0340	0.0319	0.0300	1.033	1.007	1.004	1.0216	1.03	—
0.02	0.0555	0.0510	0.0460	0.0430	1.067	1.014	1.007	1.0432	1.06	—
0.03	0.0680	0.0629	0.0578	0.0538	1.100	1.021	1.011	1.0648	1.12	—
0.04	0.0791	0.0727	0.0672	0.0619	1.133	1.028	1.015	1.0864	1.12	—
0.05	0.0883	0.0814	0.0750	0.0697	1.167	1.035	1.018	1.1080	1.15	—
0.06	0.0919	0.0888	0.0821	0.0762	1.200	1.042	1.022	1.1296	1.18	—
0.07	0.1050	0.0950	0.0891	0.0833	1.233	1.019	1.026	1.1512	1.21	—
0.08	0.1122	0.1029	0.0957	0.0888	1.267	1.056	1.029	1.1728	1.24	—
0.09	0.1191	0.1090	0.1014	0.0911	1.300	1.063	1.033	1.1944	1.27	—
0.10	0.1259	0.1153	0.1065	0.0995	1.333	1.070	1.036	1.2160	1.30	39.0
0.11	0.1319	0.1217	0.1121	0.1041	1.367	1.077	1.040	1.2376	1.33	39.0
0.12	0.1373	0.1268	0.1177	0.1088	1.400	1.084	1.044	1.2592	1.36	40.0
0.13	0.1430	0.1320	0.1221	0.1137	1.433	1.091	1.047	1.2808	1.39	40.5
0.14	0.1480	0.1368	0.1270	0.1175	1.467	1.098	1.051	1.3024	1.42	41.0
0.15	0.1528	0.1413	0.1315	0.1212	1.500	1.105	1.055	1.3240	1.45	41.5
0.16	0.1579	0.1460	0.1355	0.1250	1.533	1.112	1.058	1.3456	1.48	42.0
0.17	0.1622	0.1500	0.1399	0.1287	1.567	1.119	1.062	1.3672	1.51	42.5
0.18	0.1670	0.1542	0.1438	0.1322	1.600	1.126	1.066	1.3888	1.54	43.0
0.19	0.1720	0.1583	0.1474	0.1361	1.633	1.133	1.069	1.4104	1.57	44.0
0.20	0.1761	0.1623	0.1509	0.1400	1.667	1.140	1.073	1.4320	1.60	44.5
0.21	0.1810	0.1662	0.1542	0.1436	1.700	1.147	1.077	1.4536	1.63	45.0
0.22	0.1855	0.1701	0.1579	0.1462	1.733	1.154	1.080	1.4752	1.66	45.5
0.23	0.1897	0.1741	0.1614	0.1499	1.767	1.161	1.084	1.4968	1.69	46.0
0.24	0.1939	0.1780	0.1642	0.1528	1.800	1.168	1.088	1.5184	1.72	47.0
0.25	0.1980	0.1820	0.1678	0.1560	1.833	1.175	1.091	1.54	1.75	47.5
0.26	0.2021	0.1857	0.1712	0.1589	1.867	1.182	1.095	1.5616	1.78	48.0
0.27	0.2060	0.1891	0.1743	0.1619	1.900	1.189	1.098	1.5832	1.81	48.5
0.28	0.2099	0.1923	0.1779	0.1642	1.933	1.196	1.102	1.6048	1.84	49.0
0.29	0.2138	0.1960	0.1814	0.1672	1.967	1.203	1.106	1.6264	1.87	49.5
0.30	0.2172	0.1991	0.1849	0.1700	2.000	1.210	1.109	1.6480	1.90	50.0
0.31	0.2205	0.2022	0.1879	0.1733	2.033	1.217	1.113	1.6696	1.93	50.5
0.32	0.2240	0.2059	0.1911	0.1760	2.067	1.224	1.117	1.6912	1.96	51.5
0.33	0.2272	0.2088	0.1941	0.1790	2.100	1.231	1.120	1.7128	1.99	52.0
0.34	0.2300	0.2120	0.1969	0.1819	2.133	1.248	1.124	1.7344	2.02	53.0
0.35	0.2339	0.2154	0.2000	0.1842	2.167	1.245	1.128	1.7560	2.05	53.5
0.36	0.2368	0.2181	0.2023	0.1869	2.200	1.252	1.131	1.7760	2.08	54.0
0.37	0.2401	0.2214	0.2052	0.1900	2.233	1.259	1.135	1.7992	2.11	54.5
0.38	0.2431	0.2241	0.2079	0.1922	2.267	1.266	1.139	1.8208	2.14	55.0
0.39	0.2460	0.2273	0.2107	0.1950	2.300	1.273	1.142	1.8424	2.17	55.0
0.40	0.2492	0.2300	0.2130	0.1976	2.333	1.280	1.146	1.8640	2.20	56.0
0.41	0.2522	0.2331	0.2159	0.2000	2.367	1.287	1.150	1.8856	2.23	56.5
0.42	0.2559	0.2360	0.2181	0.2021	2.400	1.294	1.153	1.9072	2.26	57.0
0.43	0.2586	0.2390	0.2209	0.2042	2.433	1.301	1.157	1.9288	2.29	58.0
0.44	0.2618	0.2420	0.2233	0.2065	2.467	1.308	1.160	1.9504	2.32	58.5
0.45	0.2642	0.2440	0.2259	0.2090	2.500	1.315	1.164	1.9720	2.35	59.0
0.46	0.2672	0.2465	0.2280	0.2117	2.533	1.322	1.168	1.9936	2.38	60.0
0.47	0.2701	0.2495	0.2301	0.2139	2.567	1.329	1.171	2.0152	2.41	61.0
0.48	0.2733	0.2521	0.2325	0.2159	2.600	1.336	1.175	2.0368	2.44	61.0
0.49	0.2762	0.2549	0.2352	0.2180	2.633	1.343	1.179	2.0584	2.47	61.5
0.50	0.2800	0.2580	0.2380	0.2200	2.667	1.350	1.182	2.0800		62.0
0.51	0.283	0.263	0.242	0.223	2.700	1.357	1.186	2.1016	Factor = %	62.5
0.52	0.286	0.266	0.244	0.225	2.733	1.364	1.190	2.1232		63.0
0.53	0.289	0.268	0.246	0.227	2.767	1.371	1.193	2.1448		63.5
0.54	0.292	0.271	0.249	0.229	2.800	1.378	1.197	2.1664		63.5
0.55	0.294	0.273	0.251	0.231	2.833	1.385	1.201	2.1880		64.0

Tabla II-a

Tabla para determinar en función de la composición y del tamaño del grano de cada acero, su diámetro crítico ideal y la dureza que se alcanza en la probeta Jominy a 1/16 de la base.

C %	Tamaño de Grano				Mn	Si	Ni	Cr	Mo	Rc 1/16"
	# 5	# 6	# 7	# 8						
0.56	0.297	0.275	0.253	0.233	2.867	1.392	1.204	2.2096	Mo X 3+1.00	64.0
0.57	0.300	0.277	0.256	0.235	2.900	1.399	1.208	2.2312		64.5
0.58	0.303	0.280	0.258	0.237	2.933	1.406	1.212	2.2528		64.5
0.59	0.305	0.282	0.260	0.239	2.967	1.413	1.215	2.2744		64.5
0.60	0.308	0.284	0.262	0.241	3.000	1.420	1.219	2.2960		65.0
0.61	0.311	0.287	0.264	0.243	3.033	1.427	1.222	2.3176		65
0.62	0.314	0.289	0.267	0.245	3.067	1.434	1.226	2.3392	65	
0.63	0.316	0.291	0.269	0.247	3.100	1.441	1.230	2.3608	65	
0.64	0.319	0.293	0.271	0.249	3.133	1.448	1.233	2.3824	65	
0.65	0.321	0.295	0.273	0.251	3.167	1.455	1.237	2.4040	65	
0.66	0.324	0.297	0.275	0.253	3.200	1.462	1.241	2.4256	Factor = % Mo X 3+1.00	65
0.67	0.326	0.299	0.277	0.255	3.233	1.469	1.244	2.4472		65
0.68	0.329	0.301	0.279	0.257	3.267	1.476	1.248	2.4688		65
0.69	0.331	0.303	0.281	0.259	3.300	1.483	1.252	2.4904		65
0.70	0.334	0.306	0.283	0.260	3.333	1.490	1.255	2.5120		65
0.71	0.336	0.308	0.285	0.262	3.367	1.497	1.259	2.5336		65
0.72	0.339	0.310	0.287	0.264	3.400	1.504	1.262	2.5552	65	
0.73	0.341	0.312	0.289	0.266	3.433	1.511	1.266	2.5768	65	
0.74	0.343	0.314	0.291	0.268	3.467	1.518	1.270	2.5984	65	
0.75	0.346	0.316	0.293	0.270	3.500	1.525	1.273	2.62	65	
0.76	0.348	0.318	0.295	0.271	3.533	1.532	1.276	2.6416	65	
0.77	0.350	0.320	0.297	0.273	3.567	1.539	1.280	2.6632	65	
0.78	0.352	0.322	0.299	0.275	3.600	1.546	1.284	2.6848	65	
0.79	0.354	0.324	0.301	0.276	3.633	1.553	1.287	2.7064	65	
0.80	0.356	0.326	0.303	0.278	3.667	1.560	1.291	2.7280	65	
0.81	0.358	0.328	0.305	0.280	3.700	1.567	1.294	2.7496	Factor = % Mo X 3+1.00	65
0.82	0.360	0.330	0.307	0.282	3.733	1.574	1.298	2.7712		65
0.83	0.362	0.332	0.309	0.284	3.767	1.581	1.301	2.7928		65
0.84	0.364	0.334	0.310	0.286	3.800	1.588	1.306	2.8144		65
0.85	0.366	0.336	0.312	0.287	3.833	1.595	1.309	2.8360		65
0.86	0.368	0.338	0.314	0.289	3.867	1.602	1.313	2.8576		65
0.87	0.370	0.340	0.316	0.291	3.900	1.609	1.317	2.8792	65	
0.88	0.372	0.342	0.318	0.293	3.933	1.616	1.320	2.9008	65	
0.89	0.374	0.344	0.319	0.294	3.967	1.623	1.321	2.9224	65	
0.90	0.375	0.346	0.321	0.296	4.000	1.630	1.324	2.9440	65	
0.91	—	—	—	—	4.033	1.637	1.331	2.9656	—	—
0.92	—	—	—	—	4.067	1.644	1.334	2.9872	—	—
0.93	—	—	—	—	4.100	1.651	1.338	3.0088	—	—
0.94	—	—	—	—	4.133	1.658	1.343	3.0304	—	—
0.95	—	—	—	—	4.167	1.665	1.345	3.0520	—	—
0.96	—	—	—	—	4.200	1.672	1.349	3.0736	—	—
0.97	—	—	—	—	4.233	1.679	1.352	3.0952	—	—
0.98	—	—	—	—	4.267	1.686	1.356	3.1168	—	—
0.99	—	—	—	—	4.300	1.693	1.360	3.1384	—	—
1.00	—	—	—	—	4.333	1.700	1.364	3.1600	—	—
1.01	—	—	—	—	4.367	1.707	1.367	3.1816	—	—
1.02	—	—	—	—	4.400	1.714	1.370	3.2032	—	—
1.03	—	—	—	—	4.433	1.721	1.375	3.2248	—	—
1.04	—	—	—	—	4.467	1.728	1.378	3.2464	—	—
1.05	—	—	—	—	4.500	1.735	1.382	3.2680	—	—
1.06	—	—	—	—	4.533	1.742	1.386	3.2896	—	—
1.07	—	—	—	—	4.567	1.749	1.389	3.3112	—	—
1.08	—	—	—	—	4.600	1.756	1.393	3.3328	—	—
1.09	—	—	—	—	4.633	1.763	1.396	3.3544	—	—
1.10	—	—	—	—	4.667	1.770	1.400	3.3760	—	—

Tabla II - b

C %	Tamaño de Grano				Mn	Si	Ni	Cr	Mo	Rc 1/16"
	# 5	# 6	# 7	# 8						
1.11	—	—	—	—	4.700	1.777	1.403	3.3976	—	—
1.12	—	—	—	—	4.733	1.784	1.406	3.4192	—	—
1.13	—	—	—	—	4.767	1.791	1.411	3.4408	—	—
1.14	—	—	—	—	4.800	1.798	1.414	3.4624	—	—
1.15	—	—	—	—	4.833	1.805	1.418	3.4890	—	—
1.16	—	—	—	—	4.867	1.812	1.422	3.5056	—	—
1.17	—	—	—	—	4.900	1.819	1.426	3.5272	—	—
1.18	—	—	—	—	4.933	1.826	1.429	3.5488	—	—
1.19	—	—	—	—	4.967	1.833	1.433	3.5704	—	—
1.20	—	—	—	—	5.000	1.840	1.437	3.5920	—	—
1.21	—	—	—	—	5.051	1.847	1.440	3.6136	—	—
1.22	—	—	—	—	5.102	1.854	1.444	3.6352	—	—
1.23	—	—	—	—	5.153	1.861	1.447	3.6568	—	—
1.24	—	—	—	—	5.204	1.868	1.450	3.6784	—	—
1.25	—	—	—	—	5.255	1.875	1.454	3.7000	—	—
1.26	—	—	—	—	5.306	1.882	1.458	3.7216	—	—
1.27	—	—	—	—	5.357	1.889	1.461	3.7432	—	—
1.28	—	—	—	—	5.408	1.896	1.465	3.7648	—	—
1.29	—	—	—	—	5.459	1.903	1.470	3.7864	—	—
1.30	—	—	—	—	5.510	1.910	1.473	3.9080	—	—
1.31	—	—	—	—	5.561	1.917	1.476	3.8296	—	—
1.32	—	—	—	—	5.612	1.924	1.481	3.8512	—	—
1.33	—	—	—	—	5.663	1.931	1.484	3.8728	—	—
1.34	—	—	—	—	5.714	1.938	1.487	3.8944	—	—
1.35	—	—	—	—	5.765	1.945	1.491	3.8160	—	—
1.36	—	—	—	—	5.816	1.952	1.495	3.9376	—	—
1.37	—	—	—	—	5.867	1.959	1.498	3.9592	—	—
1.38	—	—	—	—	5.918	1.966	1.501	3.9808	—	—
1.39	—	—	—	—	5.969	1.973	1.506	4.0024	—	—
1.40	—	—	—	—	6.020	1.980	1.509	4.0240	—	—
1.41	—	—	—	—	6.071	1.987	1.512	4.0456	—	—
1.42	—	—	—	—	6.122	1.994	1.517	4.0672	—	—
1.43	—	—	—	—	6.173	2.001	1.520	4.0888	—	—
1.44	—	—	—	—	6.224	2.008	1.523	4.1104	—	—
1.45	—	—	—	—	6.275	2.015	1.527	4.1320	—	—
1.46	—	—	—	—	6.326	2.022	1.531	4.1536	—	—
1.47	—	—	—	—	6.377	2.029	1.535	4.1752	—	—
1.48	—	—	—	—	6.428	2.036	1.539	4.1968	—	—
1.49	—	—	—	—	6.479	2.043	1.541	4.2174	—	—
1.50	—	—	—	—	6.530	2.050	1.545	4.2390	—	—
1.51	—	—	—	—	6.581	2.057	1.5563	4.2616	—	—
1.52	—	—	—	—	6.632	2.064	1.5606	4.2832	—	—
1.53	—	—	—	—	6.683	2.071	1.5649	4.3048	—	—
1.54	—	—	—	—	6.734	2.078	1.5692	4.3264	—	—
1.55	—	—	—	—	6.785	2.085	1.5735	4.3480	—	—
1.56	—	—	—	—	6.836	2.092	1.5778	4.3696	—	—
1.57	—	—	—	—	6.887	2.099	1.5821	4.3912	—	—
1.58	—	—	—	—	6.938	2.106	1.5864	4.4128	—	—
1.59	—	—	—	—	6.989	2.113	1.5907	4.4344	—	—
1.60	—	—	—	—	7.040	2.120	1.5950	4.4560	—	—
1.61	—	—	—	—	7.091	2.127	1.5995	4.4776	—	—
1.62	—	—	—	—	7.142	2.134	1.6040	4.4990	—	—
1.63	—	—	—	—	7.193	2.141	1.6085	4.5208	—	—
1.64	—	—	—	—	7.334	2.148	1.6130	4.5424	—	—
1.65	—	—	—	—	7.295	2.155	1.6175	4.5640	—	—

Tabla II-c

C %	Tamaño de Grano				Mn	Si	Ni	Cr	Mo	Rc 1/16"
	# 5	# 6	# 7	# 8						
1.66	—	—	—	—	7.346	2.162	1.6220	4.5856	—	—
1.67	—	—	—	—	7.397	2.169	1.6265	4.6072	—	—
1.68	—	—	—	—	7.448	2.176	1.6310	4.6288	—	—
1.69	—	—	—	—	7.449	2.183	1.6355	4.6504	—	—
1.70	—	—	—	—	7.550	2.190	1.640	4.6720	—	—
1.71	—	—	—	—	7.601	2.197	1.644	4.9636	—	—
1.72	—	—	—	—	7.652	2.204	1.648	4.7152	—	—
1.73	—	—	—	—	7.703	2.211	1.652	4.7368	—	—
1.74	—	—	—	—	7.754	2.218	1.656	4.7944	—	—
1.75	—	—	—	—	7.805	2.225	1.660	4.7800	—	—
1.76	—	—	—	—	7.856	2.232	1.664	—	—	—
1.77	—	—	—	—	7.907	2.239	1.668	—	—	—
1.78	—	—	—	—	7.958	2.246	1.672	—	—	—
1.79	—	—	—	—	8.009	2.253	1.676	—	—	—
1.80	—	—	—	—	8.060	2.260	1.680	—	—	—
1.81	—	—	—	—	8.111	2.267	1.687	—	—	—
1.82	—	—	—	—	8.162	2.274	1.694	—	—	—
1.83	—	—	—	—	8.213	2.281	1.701	—	—	—
1.84	—	—	—	—	8.315	2.288	1.708	—	—	—
1.85	—	—	—	—	8.366	2.295	1.715	—	—	—
1.86	—	—	—	—	8.417	2.302	1.722	—	—	—
1.87	—	—	—	—	8.468	2.309	1.729	—	—	—
1.88	—	—	—	—	8.519	2.316	1.736	—	—	—
1.89	—	—	—	—	8.570	2.323	1.743	—	—	—
1.90	—	—	—	—	8.621	2.330	1.750	—	—	—
1.91	—	—	—	—	6.672	2.337	1.7529	—	—	—
1.92	—	—	—	—	8.723	2.344	1.7558	—	—	—
1.93	—	—	—	—	8.774	2.351	1.7587	—	—	—
1.94	—	—	—	—	8.825	2.358	1.7616	—	—	—
1.95	—	—	—	—	8.876	2.364	1.7645	—	—	—
1.96	—	—	—	—	—	2.372	1.7674	—	—	—
1.97	—	—	—	—	—	2.379	1.7703	—	—	—
1.98	—	—	—	—	—	2.386	1.7732	—	—	—
1.99	—	—	—	—	—	2.393	1.7761	—	—	—
2.00	—	—	—	—	—	2.400	1.7790	—	—	—

% Ni	% Ni	% Ni	% Ni	% Ni	% Ni	% Ni
2.01 1.7841	2.21 1.888	2.41 2.015	2.61 2.1635	2.81 2.3408	3.01 2.5575	
2.02 1.7892	2.22 1.894	2.42 2.022	2.62 2.1720	2.82 2.3516	3.02 2.5700	
2.03 1.7943	2.23 1.900	2.43 2.029	2.63 2.1805	2.83 2.3624	3.03 2.5825	
2.04 1.7994	2.24 1.906	2.44 2.036	2.64 2.1890	2.84 2.3732	3.04 2.5950	
2.05 1.8045	2.25 1.912	2.45 2.043	2.65 2.1975	2.85 2.3840	3.05 2.6075	
2.06 1.8096	2.26 1.918	2.46 2.050	2.66 2.2060	2.86 2.3948	3.06 2.6200	
2.07 1.8147	2.27 1.924	2.47 2.057	2.67 2.2145	2.87 2.4056	3.07 2.6325	
2.08 1.8198	2.28 1.930	2.48 2.064	2.68 2.2230	2.88 2.4164	3.08 2.6450	
2.09 1.8249	2.29 1.936	2.49 2.071	2.69 2.2315	2.89 2.4272	3.09 2.6575	
2.10 1.830	2.30 1.942	2.50 2.078	2.70 2.240	2.90 2.4380	3.10 2.67	
2.11 1.8352	2.31 1.9486	2.51 2.0857	2.71 2.249	2.91 2.4487	—	—
2.12 1.8402	2.32 1.9552	2.52 2.0934	2.72 2.258	2.92 2.4594	3.11 2.696	
2.13 1.8454	2.33 1.9618	2.53 2.1011	2.73 2.267	2.93 2.4701	3.12 2.709	
2.14 1.8506	2.34 1.9684	2.54 2.1088	2.74 2.276	2.94 2.4808	3.13 2.722	
2.15 1.8558	2.35 1.9750	2.55 2.1165	2.75 2.285	2.95 2.4915	3.14	—
2.16 1.8610	2.36 1.9816	2.56 2.1242	2.76 2.294	2.96 2.5022	3.15 2.735	
2.17 1.8662	2.37 1.9882	2.57 2.1319	2.77 2.303	2.97 2.5129	3.16 2.748	
2.18 1.8714	2.38 1.9948	2.58 2.1396	2.78 2.312	2.98 2.5236	3.17 2.761	
2.19 1.8766	2.39 2.0014	2.59 2.1473	2.79 2.321	2.99 2.5343	3.18 2.774	
2.20 1.8820	2.40 2.0080	2.60 2.1550	2.80 2.330	3.00 2.5450	3.19 2.787	

Tabla II-d

La determinación se hace utilizando las tablas II y III en la forma siguiente:

- 1o.- En la Tabla II se halla el factor base correspondiente a 0.40% de carbono (1a. Columna) y tamaño de grano 7 (4a. - columna) cuyo valor es 0.2130.
- 2o.- En la misma Tabla II se puede determinar los factores de multiplicación para los diversos elementos de aleación. - Buscando el porcentaje de cada elemento en la primera columna y luego en cada una de las demás el factor correspondiente a cada elemento, hallamos los siguientes valores.

$$\text{Mn} = 3.667$$

$$\text{Si} = 1.175$$

$$\text{Ni} = 1.182$$

$$\text{Cr} = 2.080$$

$$\text{Mo} = 1.750$$

% Ni	% Ni	% Ni	% Ni	% Ni	% Ni
3.20 2.80	3.32 2.980	3.44 3.161	3.56 —	3.68 —	3.80 —
3.21 2.815	3.33 2.995	3.45 3.180	3.57 —	3.69 —	3.81 —
3.22 2.830	3.34 3.010	3.46 3.196	3.58 —	3.70 —	3.82 —
3.23 2.845	3.35 3.025	3.47 3.212	3.59 —	3.74 —	3.83 —
3.24 2.860	3.36 3.010	3.48 3.228	3.60 —	3.72 —	3.84 —
3.25 2.875	3.37 3.055	3.49 3.244	3.61 —	3.73 —	3.85 —
3.26 2.890	3.38 3.070	3.50 3.26	3.62 —	3.74 —	3.86 —
3.27 2.905	3.39 3.085	3.51 —	3.63 —	3.75 —	3.87 —
3.28 2.920	3.40 3.10	3.52 —	3.64 —	3.76 —	
3.29 2.935	3.41 3.116	3.53 —	3.65 —	3.77 —	
3.30 2.950	3.42 3.132	3.54 —	3.66 —	3.78 —	
3.31 2.965	3.43 3.148	3.55 —	3.67 —	3.79 —	

Tabla II-e

Tabla III- a

DI	1/4"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	1 3/4"	2"
1.50	1.50	2.345	2.88	3.26	3.56	3.71	3.89	4.07
1.55	1.45	2.27	2.82	3.17	3.45	3.62	3.79	3.96
1.60	1.41	2.185	2.735	3.08	3.36	3.53	3.70	3.85
1.65	1.37	2.12	2.665	3.015	3.285	3.45	3.60	3.735
1.70	1.35	2.055	2.60	2.94	3.20	3.36	3.50	3.615
1.75	1.33	2.00	2.53	2.875	3.125	3.275	3.42	3.52
1.80	1.305	1.945	2.46	2.81	3.05	3.195	3.33	3.42
1.85	1.29	1.90	2.405	2.75	2.975	3.12	3.25	3.33
1.90	1.27	1.855	2.345	2.69	2.91	3.05	3.175	3.255
1.95	1.255	1.815	2.295	2.625	2.85	2.985	3.11	3.19
2.00	1.235	1.78	2.24	2.56	2.78	2.92	3.04	3.125
2.05	1.225	1.745	2.195	2.55	2.73	2.87	2.975	3.065
2.10	1.21	1.71	2.15	2.465	2.685	2.815	2.92	3.01
2.15	1.20	1.685	2.105	2.42	2.64	2.765	2.87	2.96
2.20	1.185	1.66	2.06	2.38	2.595	2.715	2.82	2.91
2.25	1.175	1.635	2.025	2.34	2.56	2.675	2.775	2.865
2.30	1.165	1.615	1.99	2.305	2.53	2.635	2.735	2.825
2.35	1.16	1.595	1.955	2.27	2.485	2.60	2.695	2.78
2.40	1.145	1.575	1.92	2.235	2.445	2.565	2.66	2.74
2.45	1.14	1.555	1.89	2.20	2.415	2.53	2.625	2.705
2.50	1.13	1.535	1.86	2.165	2.39	2.50	2.59	2.67
2.60	1.115	1.50	1.81	2.10	2.325	2.44	2.53	2.60
2.70	1.10	1.47	1.77	2.04	2.27	2.38	2.47	2.54
2.80	1.09	1.445	1.73	1.995	2.215	2.325	2.415	2.48
2.90	1.08	1.415	1.695	1.945	2.165	2.275	2.365	2.425
3.00	1.07	1.39	1.66	1.905	2.11	2.225	2.31	2.365
3.10	1.06	1.365	1.63	1.87	2.07	2.175	2.26	2.315
3.20	1.053	1.345	1.595	1.83	2.025	2.13	2.215	2.265
3.30	1.05	1.325	1.57	1.80	1.98	2.085	2.17	2.22
3.40	1.045	1.30	1.54	1.76	1.94	2.04	2.125	2.17
3.50	1.04	1.28	1.51	1.73	1.895	2.00	2.085	2.125
3.60	1.035	1.26	1.485	1.695	1.86	1.995	2.01	2.085
3.70	1.03	1.245	1.46	1.665	1.82	1.915	2.00	2.04
3.80	1.03	1.225	1.435	1.635	1.785	1.875	1.955	2.00
3.90	1.025	1.21	1.41	1.605	1.75	1.84	1.915	1.96

Tabla para la determinación de los factores de dureza en diversos puntos de la probeta Jominy en función del diámetro crítico ideal





3.- Multiplicamos todos estos factores por 0.2130 que es el valor correspondiente a la templabilidad base para 0.40% de carbono y tamaño de grano 7, encontramos para valor del -- diámetro crítico ideal:

$$D.I. = 0.2130 \times 3.667 \times 1.175 \times 1.182 \times 2.080 \times 1.750 = 3.95$$

4.- Para conocer los valores de durezas en cada uno de los puntos de la probeta Jominy, se utiliza primero la misma Ta--bla II en la que hallaremos (primera y última columna), -- que la dureza que se obtiene a 1/16" de la base de la probeta templada con un contenido en carbono de 0.40%, es de 56 Rockwell-C. Luego se utiliza la Tabla III y buscando en la primera columna el diámetro crítico ideal D.I., que en este caso es 3.95, hallaremos por interpolación entre 3.90 y 4 a los factores que se señalan en la Tabla IV.

Distancia a la base templada									
1/16"	1/4"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	1 3/4"	2"	
Factores									
1	1.022	1.202	1.397	1.59	1.73	1.82	1.895	1.94	

Tabla No IV Factores correspondientes a diversos puntos de la probeta Jominy en un acero de 3.95 de diámetro crítico ideal

La dureza correspondiente a los diversos puntos, se halla -- dividiendo la dureza inicial que se obtiene en la base (56 Rockwell-C) por el factor correspondiente a cada punto.

El procedimiento que se acaba de describir, lo mismo que el concebido por Grossman, aunque muy interesante porque da una -- idea muy aproximada de la templabilidad de los aceros, no es -- rigurosamente exacto. Las discrepancias entre los resultados -- que se obtienen de esta forma y los que se obtienen experimentalmente, provienen de que estos métodos, se considera que cada elemento aleado tiene un efecto multiplicador fijo en --



Distancia a la base templada									
1/16"	1/4"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	1 3/4"	2"	
Durezas									
56	55	46.5	40	35.5	32.5	31	29.5	29	

Tabla No V Durezas que se obtiene en diversos puntos de la probeta Jominy en un acero cromo-niquel-molibdeno de C=0.40%, tamaño de grano 7 y diámetro crítico ideal 3.95

la templabilidad, para cada porcentaje de elemento aleado, e independientemente del contenido en otros elementos de aleación. Debido precisamente a que no es constante este factor de multiplicación para las diversas combinaciones de composición, no son exactos los resultados que se obtienen, y aparecen algunas diferencias entre las templabilidades determinadas por este procedimiento y las reales o verdaderas.

#### DETERMINACION DEL DIAMETRO CRITICO IDEAL DE UN ACERO POR MEDIO DEL ENSAYO JOMINY.

Conociendo la curva Jominy de un acero se puede determinar con ayuda de la Figura 14, el diámetro crítico ideal. Para ello basta hallar la dureza en el acero que se estudia, correspondiente al 50% de martensita, que viene señalada en función del contenido en carbono de cada acero en la Figura 8 y determinar luego en la curva Jominy la distancia a que se ha obtenido esa dureza. Finalmente, con ayuda de la gráfica de la citada figura 14, se hallará el diámetro crítico ideal que corresponde a esa distancia Jominy.

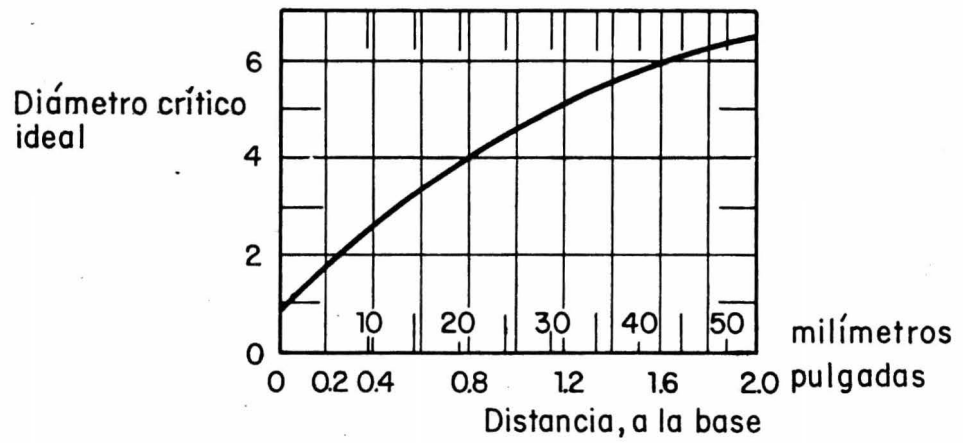


Fig 14 Gráfica para determinar el diámetro crítico ideal de un acero, cuando se conoce el punto de la probeta Jominy en cuya estructura hay 50% de martensita

### III. ENSAYO JOMINY.

El Ensayo Jominy ha adquirido a partir de 1940, una divulgación extraordinaria debido principalmente a que los datos que se obtienen en el mismo, han facilitado notablemente el conocimiento de ciertas propiedades de los aceros y además ha servido también, para aclarar algunas dudas que existía sobre la -- utilidad de determinados elementos de aleación y sobre la eficacia de ciertas combinaciones de elementos aleados.

Hasta hace pocos años la selección de los aceros especiales se hacía casi siempre de acuerdo con la composición química, -- a pesar de que se sabía que con frecuencia discrepaban bastante, los resultados que se obtenían con aceros del mismo análisis, que además cumplían las especificaciones de composición -- normalmente establecidas. Sin embargo, a pesar de estas irregularidades, el sistema se seguía utilizando, porque en general es más fácil hacer el análisis químico de un acero, que determinar sus propiedades mecánicas en diferentes espesores, que -- era verdaderamente lo que interesaba al consumidor, y estas -- determinaciones se hacían muy rara vez por ser muy lentas y -- costosas, ya que exigían templar diferentes perfiles en agua o aceite, revenirlos a diversas temperaturas, maquinar luego las probetas y hacer los ensayos mecánicos correspondientes.

Más recientemente, a medida que se fueron conociendo mejor las propiedades de los aceros, ya no se consideraban tan decisivas las especificaciones de la composición química, y en cambio se fue dando más importancia a otros factores, como el tamaño de grano, la templabilidad, etc.

Al necesitar los consumidores aceros con características -- mecánicas cada vez más precisas, hubo que estrechar mucho los-

límites de composición, siendo necesario exigir además y en algunos casos el cumplimiento de determinados equilibrios entre los elementos de aleación, señalándose, por ejemplo, que cuando el carbono se encontraba en el límite superior de la especificación, el manganeso debía estar en el más bajo, o que los porcentajes de carbono no debían de exceder de ciertos límites etc. Con estas precauciones se consiguió más regularidad en las características de los aceros, pero para cumplir estas condiciones, se llegó a precios muy elevados.

Ante esas dificultades interesaba mucho disponer de algún ensayo sencillo que permitiera conocer rápidamente ciertas propiedades de los aceros, que sirviera para fijar condiciones de recepción y para ensayar de una forma sencilla los aceros que recibiría el consumidor.

El ensayo jominy ha resuelto alguna de las dificultades que se presentaba para hacer esa selección.

Los resultados que se obtienen en este ensayo, dependen fundamentalmente de la velocidad crítica de temple del acero, cuyo valor viene reflejado en las curvas que se obtienen en cada caso. También señala las durezas máximas y mínimas que aproximadamente se pueden obtener con cada acero, la influencia de los diferentes elementos de aleación sobre la velocidad crítica del temple, y se puede medir la templabilidad y preveer los resultados que se obtendrán templando en agua, aceite, etc, -- barras de diferentes diámetros.

Además, el valor de este ensayo aumenta al haberse comprobado que muchas de las propiedades mecánicas ordinarias del acero, tales como la resistencia a la tracción, límite elástico--estricción y alargamiento, son función de la dureza del -----

acero y esta a su vez, es función de la microestructura. Con los datos que se obtienen, se llegan a conocer las velocidades de enfriamiento que son necesarias para conseguir una dureza, una microestructura y conjunto de características determinadas.

La orientación que actualmente se sigue por muchas acerías y consumidores, de señalar para determinadas clases de aceros, unas características de templabilidad, con límites relativamente estrechos, parece que ha evitado muchos problemas en el aprovisionamiento de aceros especiales, y ha destacado la eficacia del ensayo jominy para su selección y calificación.

Este ensayo fue descrito por primera vez por sus autores, W.E. Jominy y A.L. Boegehold de los "Research Laboratories, División de la General Motor Co" de Detroit, en el trabajo "A Hardenability Test for Carburizing Steel" publicado en 1938 por la A.S.M.

Actualmente se encuentra estandarizado y las dimensiones del aparato y la muestra cambian un poco de país a país, debido al uso de diferentes especificaciones.

El presente trabajo se basa fundamentalmente en la Norma de la A.S.T.M. (Sociedad Americana de Pruebas de Materiales) con la designación A 225-62T; presentándose a continuación una reproducción de la Norma original.

NORMA DE  
METODO DE PRUEBA PARA DETERMINAR LA  
TEMPLABILIDAD DEL ACERO. (PRUEBA JOMINY).

I.- ALCANCE.

I.I. Esta Norma cubre el procedimiento para determinar la templabilidad mediante la prueba de Jominy. La prueba consiste en templar en agua el extremo de un espécimen cilíndrico de 25.40 mm de diámetro, y en medir la distancia y el grado en que se ha reducido el acero a partir del extremo templado.

La templabilidad es una medida de la profundidad a la cual se endurece el acero cuando se temple desde su temperatura de austenización (ver 6.1.1). Usualmente se mide cuantitativamente anotando la extensión o profundidad de endurecimiento de un espécimen de forma y tamaño estandar, bajo un temple estandar.

En esta prueba, la profundidad de endurecimiento es la diferencia a lo largo del espécimen, desde su extremo templado para un determinado grado de dureza.

2. APARATOS Y EQUIPO.

2.1. Soporte para el espécimen.

Es un dispositivo para suspender el espécimen verticalmente, de manera que el extremo inferior del mismo esté a una distancia

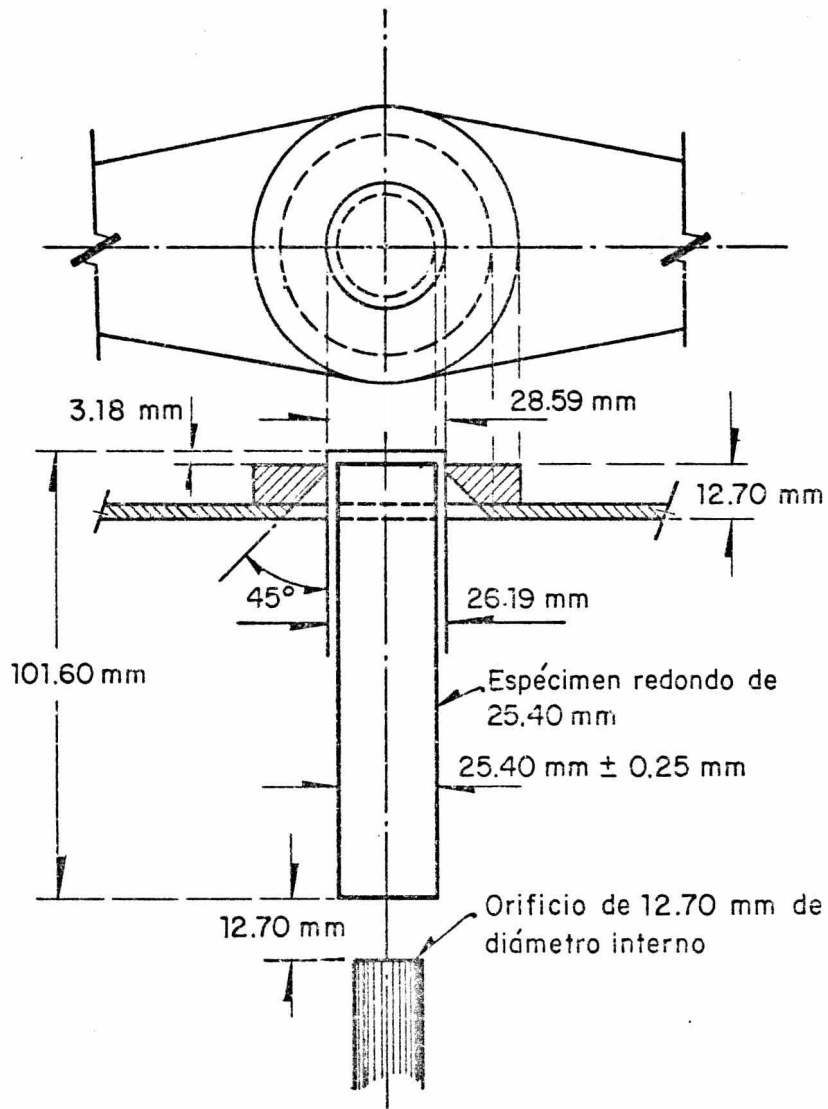


Fig 1 Soporte para el templado en agua con el espécimen en posición DGN B-320-1969

cia de 12.70 mm sobre el orificio del dispositivo de temple - ver figura 1.

En la figura 6 del inciso 6.1.2., se muestra un soporte adecuado para otras formas y tamaños de especímenes.

## 2.2. Dispositivo de temple.

Es un dispositivo de temple en agua, de capacidad suficiente para surtir una corriente vertical de agua que pueda controlarse a una altura de 63.50 mm cuando pasa por un orificio de 12.70 mm de diámetro. Es satisfactorio un tanque de capacidad suficiente con una bomba pequeña y válvula de control. La línea de abastecimiento de agua debe tener una válvula de apertura rápida.

## 3. PREPARACION DE LA MUESTRA.

### 3.1. Especímenes forjados.

El espécimen debe ser de 25.40 mm de diámetro por 76.20 ó - 101.60 mm de longitud, con medios para suspenderlo en posición vertical con objeto de templearlo en un extremo. En las figuras 2, 3 y 4 se indica las dimensiones del espécimen recomendado y de dos especímenes opcionales. El espécimen debe maquinarse de una barra normalizada previamente y de tal medida que permita la remoción de la superficie decarburada al maquinarse a 25.40 mm de diámetro. El extremo del espécimen que se va a templear debe tener un acabado razonablemente terso, obtenido por rectificación. Puede omitirse el normalizado si están de acuerdo el proveedor y el comprador. Debe registrarse la historia del tratamiento térmico previo del espécimen.



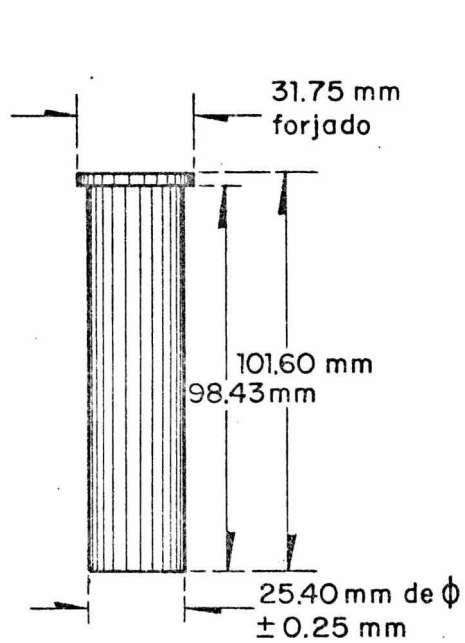


Fig 2 Espécimen de prueba preferido

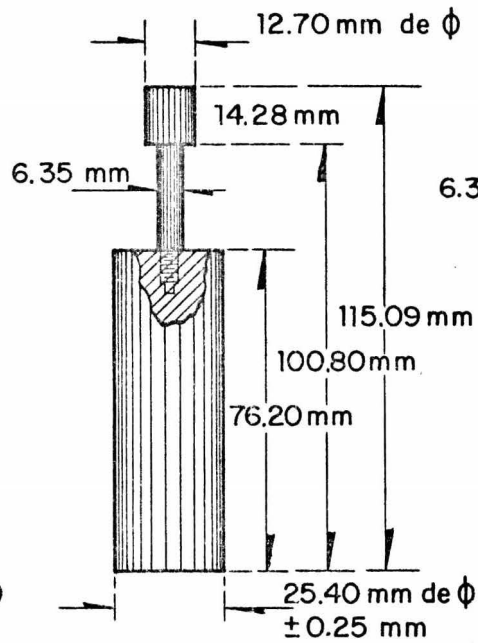


Fig 3 Espécimen opcional

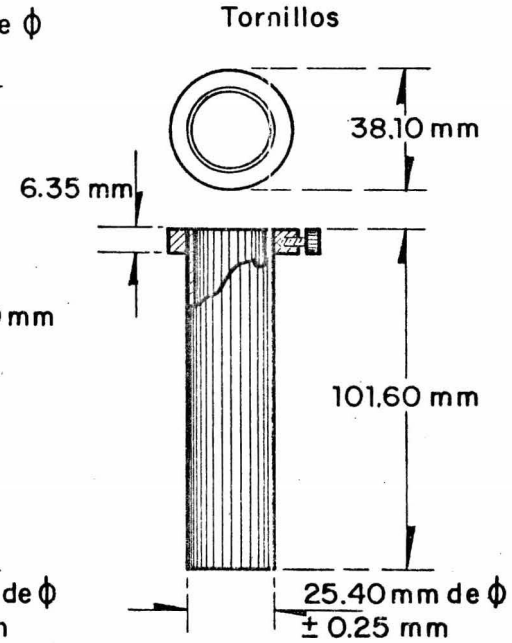


Fig 4 Espécimen opcional

DGN B-320-1969

### 3.2 Especímenes fundidos.

Como método alternativo, los especímenes pueden ser fundidos durante el vaciado del acero. Puede usarse un molde de grafito o de metal para formar un espécimen de mayor longitud y de un diámetro de 25.40 mm aproximadamente, que debe cortarse al tamaño estándar. También puede usarse un molde para formar un espécimen de 31.75 mm que debe ser maquinado al tamaño final del espécimen. Los especímenes en material fundido no necesitan ser normalizados.

## 4. PROCEDIMIENTO.

### 4.1. Calentamiento.

Se calienta el espécimen a la temperatura indicada de austenización según el acero que se este probando durante un lapso de 30 minutos. Al probar durante la producción se permite aumentar ligeramente este tiempo hasta 35 minutos. Es importante calentar el espécimen en una atmósfera tal que prácticamente no se formen escamas de óxido y que la decarburación sea mínima. Esto puede lograrse calentado el espécimen en posición vertical en un recipiente con una cubierta de remoción fácil que contenga una capa de rebabas de hierro fundido, con la cara inferior del espécimen descansando en éstas.

4.1.1 Como método alternativo, se puede colocar el espécimen en un tubo vertical montado en una base plana, ambos de metal-resistente al calor, en un cuello adecuado para sujeción con pinzas. Se coloca un disco de grafito o de carbón, o una capa de material carbonáceo, tal como carbón de madera, en el fondo del tubo para evitar la formación de escamas de óxido.

4.1.2. Para un dispositivo y horno particulares, se determina el tiempo necesario para calentar el espécimen a la temperatura de temple, insertando un termopar en un orificio taladrado axialmente en la parte superior del espécimen. Debe repetirse periódicamente este procedimiento, por ejemplo cada mes, para cada combinación de dispositivo y horno empleados.

#### 4.2. Temple.

Se ajusta el dispositivo de temple en agua de modo que el flujo de agua se eleve a una altura libre de 63.50 mm por arriba del orificio de 12.70 mm, sin que el espécimen esté en su posición. El soporte para el espécimen, al principio de cada prueba, debe estar seco. Luego se coloca el espécimen caliente en el soporte de manera que su cara inferior quede a 12.70 mm --- arriba del orificio y se dá acceso al agua mediante la válvula de operación rápida. El tiempo transcurrido entre la remo--- ción del espécimen del horno y el comienzo del temple no debe ser mayor de 5 segundos. Se dirige el flujo de agua, a una temperatura de 5 a 30°C, contra la cara inferior del espécimen, durante 10 minutos como mínimo. en la medida de lo posible, de ben evitarse corrientes de aire alrededor del espécimen durante su enfriamiento. Si el espécimen no esta frío cuando se -- quita del dispositivo, debe enfriarse inmediatamente en agua.

#### 4.3. Medición de la dureza.

Se deben efectuar las lecturas de dureza en la escala Rockwell C en el espécimen, a intervalos de 1.59 mm (1/16") a partir --- del extremo templado, hasta una distancia de 25.40 mm, y luego a intervalos según el criterio del operario. Se debe efectuar las lecturas de dureza en superficies planas y paralelas, sepa radas 180 grados y rectificadas a lo largo del espécimen. Se - esmerilan las superficies planas a una profun didad de 0.4 mm.

4.3.1. Cuando se usa de las superficies planas como base, se eliminan las huellas anteriores esmerilando. Esta operación se puede omitir si el apoyo del dispositivo de prueba está ranurado para dar acomodo a las huellas.

Debe conocerse la posición exacta de cada una de las lectu--ras de dureza con respecto al extremo templado del espécimen. Es imperativo el uso de un dispositivo para localizar las pe--netraciones y asegurar la exactitud de las comparaciones entre las pruebas. Debe asegurarse que no se muevas verticalmente el espécimen, la base o el tornillo de elevación cuando se aplica la carga principal.

4.3.2. Se efectua la operación de rectificado para preparar -- las superficies planas con mucho cuidado. Los últimos pasos de esta operación deben ser muy ligeros para asegurar que las --- superficies sean bien planas. Para evitar que se reporten dure--zas que han sido tomadas en superficies revenidas por el recti--ficado, se recomienda el siguiente procedimiento de ataque:

#### 4.3.2.1. Solución de ataque Núm. 1

Se usan 5 partes de ácido nítrico concentrado ( $d = 1.42$ ) ( $\text{HNO}_3$ ) y 95 partes de agua en volumen.

#### 4.3.2.2. Solución de ataque Núm. 2

Se usan partes iguales en volumen de ácido clorhídrico concen--trado ( $d = 1.19$ ) ( $\text{HCl}$ ) y de agua.

#### 4.4. Procedimiento de ataque.

Se lava el espécimen en agua caliente. Se ataca con la -- solución indicada en el inciso 4.3.2.1. hasta que este negro.

Luego se lava nuevamente en agua caliente. Se ataca por inmersión en la solución indicada en el inciso 4.3.2.2., durante 3 segundos y luego se lava con agua caliente. Se seca finalmente bajo una corriente de aire. La presencia de áreas endurecidas en la zona martensítica indica que ha ocurrido un revenido. Se elimina toda evidencia del revenido antes de efectuar las pruebas de dureza. Esto puede llevarse a cabo volviéndose a rectificar y volviendo a atacar o bien, preparando nuevas superficies planas.

4.4.1. Con referencia al uso de bloques patrón y para las condiciones de superficie, consultar la Norma Oficial DGN-B-119 - en vigor.

4.4.1.1. Para hacer las lecturas de dureza Rockwell, para cada determinación a intervalos de 1.59 mm, un dispositivo para sujetar el espécimen facilita su posición, expedita la prueba y asegura exactitud, hay varios dispositivos disponibles para este propósito en particular. No se permite el apoyo del espécimen en un bloque en V.

## 5. CALCULOS Y RESULTADOS.

Los resultados de la prueba deben graficarse en una forma preparada para el efecto. (ver. fig. 5), en la cual las ordenadas representan la distancia del extremo templado del espécimen a los puntos de determinación de dureza. En la fig. 5 se muestra una gráfica para reportar los resultados de la prueba de templabilidad en la cual se han graficado dos curvas típicas de templabilidad.

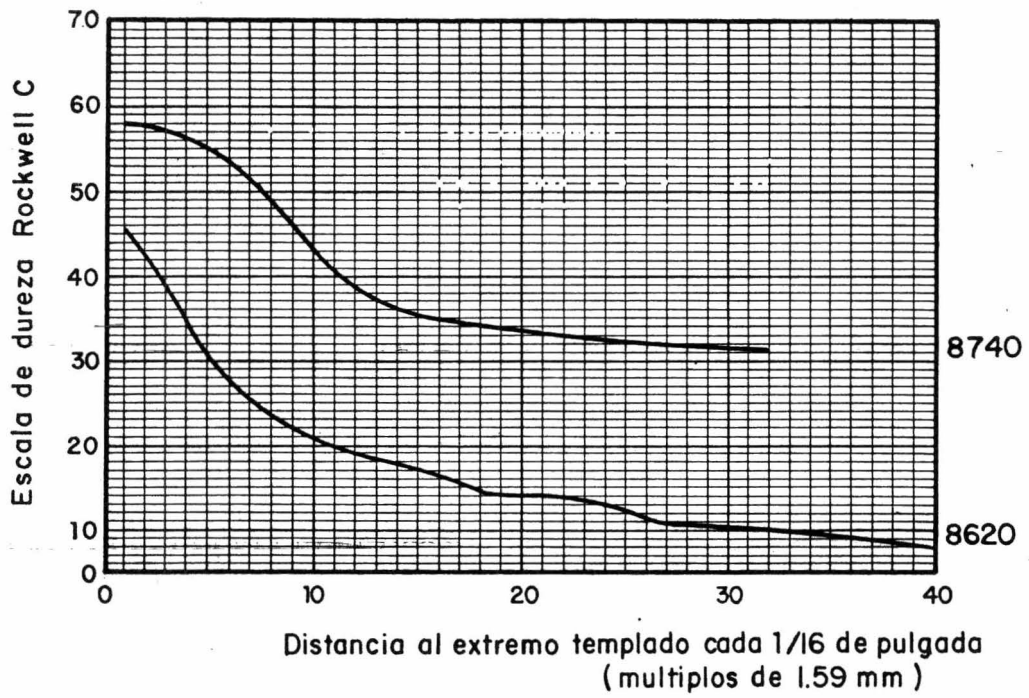


Fig 5 Curvas de templabilidad

### 5.1. Índice de templabilidad.

La templabilidad de un acero se especifica mediante una clave que indica la distancia o distancias a partir del extremo templado del espécimen dentro de las cuales debe obtenerse la dureza especificada.

Ejemplo: Un acero aleado que contenga 0.44% de carbono podría especificarse con una templabilidad de J 50-7, lo que significa que el requisito mínimo para este acero sería una dureza Rockwell-C 50 a una distancia de 11.1 mm (7/16") del extremo templado. Si se desean los límites mínimo y máximo, el índice de templabilidad podría especificarse como J 50-3 a 12.

5.2. El informe debe incluir los siguientes datos, que pueden registrarse en la gráfica indicada en la figura 5.

- 1) Historia del tratamiento térmico del espécimen probado incluyendo la temperatura de normalizado.
- 2) Composición química.
- 3) Tamaño de grano DGN (Prueba Mc Quaid-Ehn) a menos que otra cosa se indique.
- 4) Temperatura de austenización empleada en la prueba.
- 5) Una anotación bastante visible en la gráfica de templabilidad si se han usado algunos de los especímenes indicados en el inciso 6.1.2.

## 6. APENDICE

### 6.1. Requisitos para propósitos específicos.

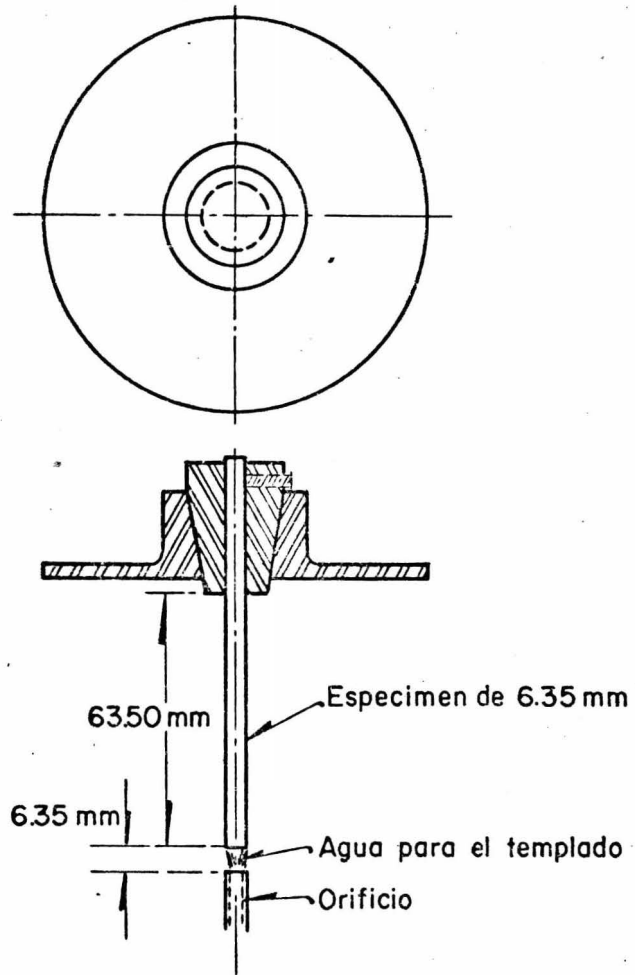


Fig 6 Soporte para el espécimen de tamaño pequeño, mostrando un espécimen de 6.35 mm en posición



Pruebas para verificar el cumplimiento con esta Norma.

En algunos casos, la templabilidad se especifica dentro de límites definidos. Cuando este es el caso, la muestra debe ser una barra laminada en caliente o forjada en caliente con un diámetro de 31.75 mm, que represente la sección transversal completa del material que se trate. El espécimen descrito en el inciso 3.1., debe maquinarse a partir de esta muestra. También se puede usar los especímenes que se describen en el inciso 3.2.

6.1.1. Las temperaturas de normalizado y austenizado se especifican también en la Tabla 1. Los especímenes vaciados no necesitan ser normalizados.

T A B L A I

TEMPERATURAS DE NORMALIZADO Y AUSTENIZADO (a)				
A C E R O S	D G N	CONTENIDO MAXIMO DE CARBONO EN: %	TEMPERATURA DE NORMALIZADO EN: °C	TEMPERATURA DE AUSTENIZADO EN: °C
10 XX <sup>(c)</sup>	13XX, 31XX, 40XX, 41XX	0.25 y menos	927	927
43XX, 44XX, 45XX, 46XX, 47XX, 50XX, 51XX		0.26 a 0.36 incl.	900	870
61XX <sup>(b)</sup>	81XX, 86XX, 87XX, 88XX, 94XX, 97XX, 98XX	0.37 y más	870	845
23XX, 25XX, 33XX, 48XX, 93XX		0.25 y menos	927	845
		0.26 a 0.36 incl.	900	816
		0.37 y más	870	800
92XX		0.50 y más	900	870

- a). Se permite una variación de  $\pm 5.5^{\circ}$  C en las temperaturas indicadas en esta Tabla.
- b) Las temperaturas de normalizado y austenización son  $28^{\circ}$ C - mayores para la serie 61XX.

- c) Las letras XX caracterizan a cada acero dentro de un tipo de composición,. (ver Norma Oficial DGN-B-323 en vigor).

#### 6.1.2. Especímenes para aplicaciones especiales.

6.1.2.1. La prueba de templabilidad de Jominy puede aplicarse con algunas modificaciones, como sigue:

- a) Cuando los especímenes de prueba disponibles, son de tamaño menor que los mostrados en las figuras 2,3 y 4.
- b) Cuando se va a probar acero de endurecimiento a poca profundidad.

#### 6.1.2.2. Especímenes de tamaño menor.

6.1.2.2.1. Dimensiones de los especímenes y los dispositivos de temple.

Para determinar la templabilidad del acero en barras menores de 25.40 mm de diámetros, el espécimen puede ser de 19.05, 12.70 ó 6.35 mm de diámetro, por 76.20 ó 101.60 mm de longitud.

La figura 6 muestra un soporte adecuado para los especímenes de tamaño más pequeños, y se muestra un espécimen de 5.35-mm en posición de prueba. Estos especímenes pueden probarse de acuerdo con el capítulo 4 de esta Norma, con excepción de que se requieren algunas modificaciones en el flujo del agua de temple. El tamaño del orificio y la distancia del espécimen al orificio, para probar estos especímenes de menor tamaño, deben estar de acuerdo con los requisitos especificados en la Tabla II.

T A B L A    I I

TAMAÑOS DE ORIFICIOS PARA ESPECIMENES DE PRUEBA PEQUEÑOS			
DIAMETRO DEL ESPECIMEN DE PRUEBA EN (mm)	TAMAÑO DEL ORIFICIO EN (mm)	DISTANCIA DEL ORIFICIO AL EXTREMO TEMPLADO DEL ESPECIMEN	ALTURA LIBRE DE LA COLUMNA DE AGUA (mm)
19.05	12.70	12.70	63.50
12.70	6.35	9.53	101.60
6.35	3.18	6.35	203.20

## 6.1.2.2.2. Correlación con los especímenes normales.

Debido al mayor efecto de enfriamiento del aire sobre los especímenes menores de 25.40 mm de diámetro y especialmente en especímenes menores de 19.05 mm de diámetro, las velocidades de enfriamiento a distintas distancias del extremo templado, no son las mismas que en el espécimen normal de 25.40 mm. Las curvas de templabilidad obtenidas de las pruebas de estos especímenes menores, no son comparables con las curvas obtenidas de las pruebas efectuadas en los especímenes normales. Si se necesita la curva de templabilidad normal, entonces debe usarse el espécimen inserto mostrado en la Fig. 7, y debe probarse como se indica en el capítulo 4.

Procedimientos para aceros de endurecimientos poco profundo.

6.1.2.3.1. El espécimen normal de 25.40 mm puede emplearse para determinar la templabilidad de los aceros de endurecimiento poco profundo, que no sean los aceros al carbono para herramientas, con una modificación en las distancias a las que se --

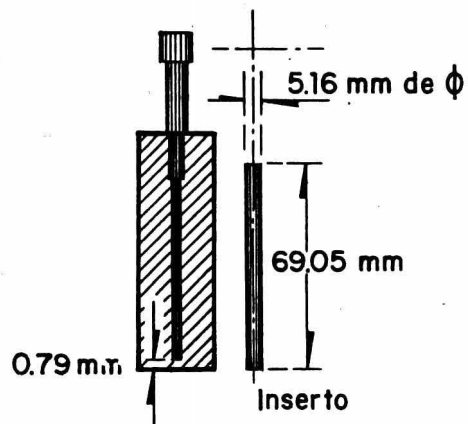


Fig 7 Barra taladrada, usada únicamente para espécimen de tamaño pequeño, el cual se utiliza como inserto

determina la dureza. El procedimiento para preparar el espécimen antes de las mediciones de dureza, está descrito en los capítulos 2, 3 y 4. Es esencial un apoyo que ofrezca un medio adecuado para medir con gran precisión la distancia al extremo templado.

6.1.2.3.2. Los valores de dureza se obtienen de 1.59 a 12.70 mm del extremo templado, en intervalos de 0.79 mm. A más de 12.70 mm, los valores de dureza se obtienen a 15.88, 19.05, 22.23 y 25.40 mm del extremo templado. Para lecturas a 12.70 mm del extremo templado, se hacen dos series de lecturas, ambas con 1.59 mm de separación. La primera comenzando a 1.59 mm y terminando a 12.70 mm del extremo templado y, la otra, comenzando a 2.38 mm y terminando a 11.90 mm del extremo templado.

6.1.2.3.3. Solamente se requiere rectificar dos superficies planas paralelas si el dispositivo mecánico tiene un apoyo ranurado para dar acomodo a las penetraciones de la superficie plana probada primero. La segunda serie de lecturas de dureza se hace después de voltear la barra. Si el dispositivo no tiene apoyo ranurado, deben esmerilarse dos pares de superficies paralelas con 180 grados de separación cada par. Las dos lecturas de dureza se hacen en superficies adyacentes.

6.1.2.4. Especimen de tamaño subnormal, probado como inserto para obtener la curva de templabilidad normal.

Cuando se dispone solamente de un espécimen de tamaño pequeño se puede preparar con un inserto en una base taladrada de tamaño normal que sirve como concha (fig.7). Aproximadamente 0.2 gramos de metal de Woods (1) deben colocarse en el fondo de la concha de prueba (fig.7). Luego insertarse el espécimen de prueba en la concha y calentarse ésta hasta una temperatura superior al punto de fusión del metal de Woods.

La concha debe hacerse de preferencia de acero de bajo carbono. Después de que se ha fundido el metal de Woods, debe --- atornillarse el "prisionero" de manera que el espécimen quede sujeto firmemente contra el fondo del orificio. El ensamble debe ser calentado o templado de acuerdo con el capítulo 4 de esta Norma. Después del temple, debe calentarse el ensamble en agua hirviendo con sal común para fundir el metal de Woods y sacar el espécimen. Luego deben hacerse las lecturas de dureza en la escala Rockwell C, tal como se indica en el capítulo 4.

(I) La composición del metal de Woods es de 50% de bismuto; -- 25% de plomo y 25% de estaño, y su punto de fusión es de 93<sup>0</sup> C.

#### IV PARTE EXPERIMENTAL.

La primera etapa de la experimentación consistió, inicialmente, en la construcción del dispositivo de temple para la realización de las pruebas; desde el diseño y construcción del depósito de agua y línea de abastecimiento, hasta el maquinado de las piezas que servirían como soporte de los especímenes.

La construcción del dispositivo se realizó siguiendo estrictamente las especificaciones de la A.S.T.M., designación original A 255-62 T, mencionada en el capítulo anterior, con la variante que consistió, en no usar una bomba que diera la carga suficiente para tener, una altura libre del chorro de agua de 63.50 mm, pasando por un orificio de 12.70 mm, como sugiere la norma, sino básicamente, una carga hidráulica obtenida al elevar el tanque de abastecimiento, 50 cms. sobre el nivel de referencia y controlando el flujo mediante una válvula de globo de una pulgada de diámetro.

El material en la construcción del tanque de abastecimiento y el del soporte, consistió en lámina comercial calibre 18; utilizándose en la línea de abastecimiento, tubería galvanizada de una pulgada de diámetro en una sección y, media y tres octavos de pulgada, en otras. Las dimensiones del dispositivo-- así como las partes que lo forman, se muestra en la figura 15.

Armado el dispositivo, había que probar la precisión alcanzada en su construcción, y además, hasta que punto se habían seguido las especificaciones establecidas, para ello, la segunda etapa de este trabajo consistió en dos partes: La primera sería ensayar con varios tipos de aceros, y posteriormente, en la segunda parte, comparar los resultados obtenidos de dichos-

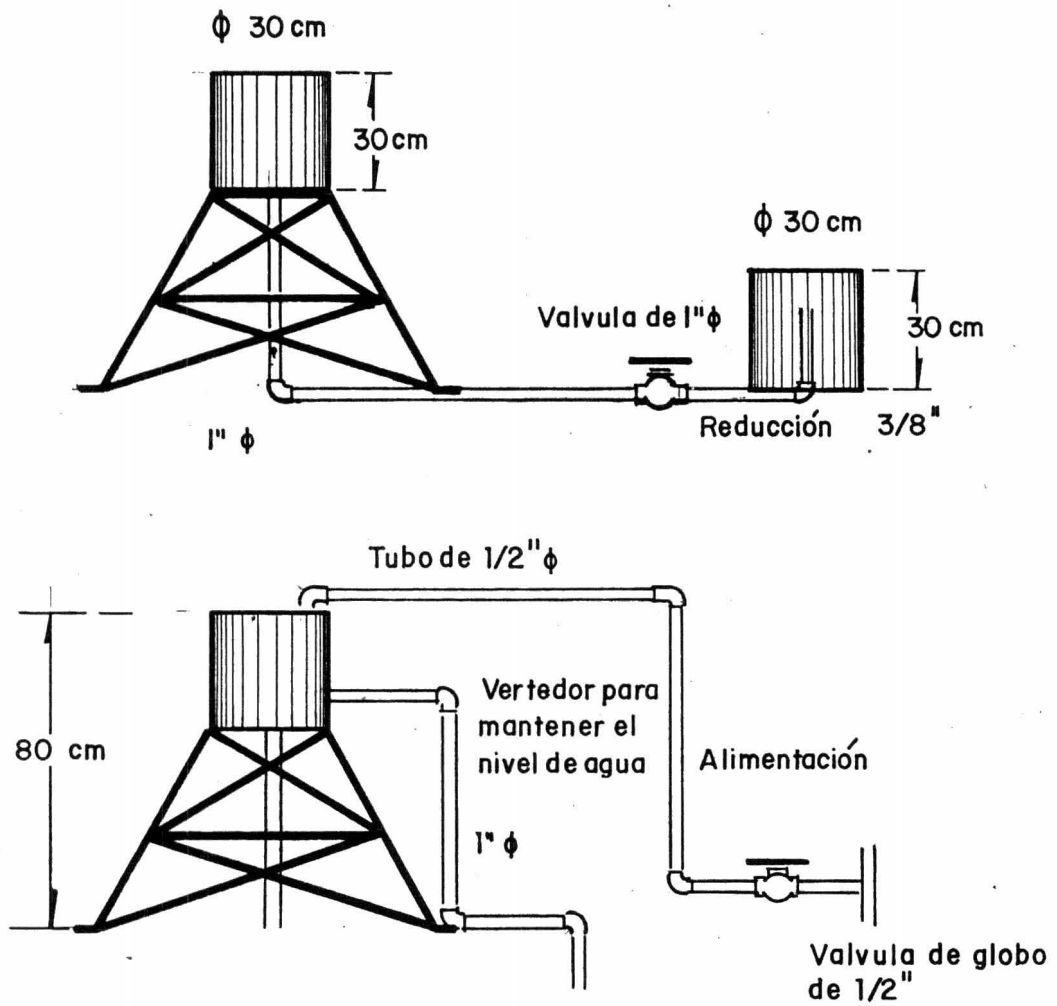


Fig 15 Esquema del dispositivo Jominy, para determinar templabilidad



ensayos con los teóricos establecidos.

Para la realización de las pruebas, se tomaron tres tipos de aceros: un 4140, un 8620 y un 1080; correspondiendo las dimensiones de los especímenes a las especificaciones en la Norma Oficial. Se llevaron a temperaturas de austenización durante 30 minutos, y para evitar la decarburación, se usó un cobrizado en unas probetas y un empaque con coke, en otras. Posteriormente se realizó el enfriamiento en el dispositivo, siendo el tiempo de acarreo del horno a éste inferior a los 5 segundos, para cada espécimen, y el de duración en enfriamiento, de 10 minutos.

El esmerilado de las superficies planas para efectuar la lectura de las durezas cada 1/16 de pulgada (1.59 mm) se hizo a la profundidad de 0.4 mm, ( en los tres especímenes) con la separación de dichas superficies, de 180°.

La medición de la dureza se realizó en una máquina portátil de medir durezas, del Laboratorio de Resistencia de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. Para la realización de la prueba se siguió la especificación de la Norma Oficial B 119 del Comité Consultivo Nacional de Normalización de la Industria Siderúrgica; usando una carga menor de 10 Kgf, que causaba una penetración inicial, la cual fija el penetrador sobre el material y lo mantiene en posición. Se ponía la carátula en el cero de la escala de número en negro, y se aplicaba la carga mayor. Esta carga mayor —era la carga total aplicada, la profundidad medida dependía solamente del incremento en profundidad debido al aumento de carga desde el menor a mayor. Después de que se aplicaba la carga mayor y se retiraba, de acuerdo con este procedimiento, la lectura era tomada mientras que la carga menor estaba aún actuando. La carga mayor utilizada fue de 150 Kgf, por usarse un pene

trador esfero-cónico de diamante.

Al impedir la Norma Oficial el uso de un bloque en V como soporte de los especímenes en prueba, y carecer al mismo tiempo de un dispositivo que sirviera como tal, la medición de la dureza cada 1/16 de pulgada (1.59 mm), se realizó usando una de las superficies planas como base y eliminando por esmerilado las huellas anteriores, como permite la Norma Oficial, al no existir el dispositivo de apoyo ranurado; considerando que las lecturas en especímenes cilíndricos están sujetos a correcciones (ver Tabla No. VI).

Posteriormente los resultados de las pruebas de los especímenes ensayados, se llevaron a gráficas teniendo en las ordenadas, los valores de dureza Rockwell-C y en las abscisas la distancia al extremo templado cada 1/16 de pulgada (1.59 mm) ver (fig. 16 y Tablas VII y VIII). Observando los resultados de las pruebas realizadas y considerando que para la mayoría de los aceros aleados se han establecidos curvas máximas y mínimas de templabilidad que limitan unas zonas dentro de las cuales deben estar situadas las curvas Jominy de cada acero, se concluye que la precisión alcanzada en la construcción del dispositivo para determinar la templabilidad del acero (Prueba de Jominy), es bastante aceptable.

A los aceros que cumplan una determinada banda de templabilidad, se les ha ampliado la designación A.I.S.I. o S.A.E. normal, añadiéndoles una letra H que señala que el acero se fabricó para cumplir una cierta especificación de templabilidad. - (H. Hardenability).

Estas curvas se utilizan como especificaciones de recepción de numerosos tipos de aceros, y en muchos casos se están sustituyendo determinadas especificaciones de composición química por las bandas de templabilidad.

TABLA VI

CORRECCIONES ADITIVAS A LOS VALORES DE DUREZA ROCKWELL C, A Y D, OBTENIDOS EN ESPECIMENES CILINDRICOS (1) DE VARIOS DIAMETROS.

LECTURA DE LA CARATULA	DIAMETRO DE ESPECIMENES CILINDRICOS EN mm.								
	6.4	10	13	16	19	22	25	32	38
	CORRECCIONES POR SUMAR A LOS VALORES ROCKWELL C, A Y D (2)								
20	6.0	4.5	3.5	2.5	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0
25	5.5	4.0	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	1.0	1.0
30	5.0	3.5	2.5	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0	0.5
35	4.0	3.0	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5
40	3.5	2.5	2.0	1.5	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5
45	3.0	2.0	1.5	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5
50	2.5	2.0	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5
55	2.0	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0
60	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0
65	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0
70	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0
75	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0
80	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0
85	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0
90	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0

- 1) Al probar especímenes cilindricos, la exactitud de la prueba resulta seriamente afectada por el alineamiento del tornillo elevador, el soporte en V, los penetradores, el acabado de la superficie y la rectitud del cilindro.
- 2) Estas correcciones son solamente aproximadas y representan los promedios aproximados a 0.5 número de Dureza Rockwell más cercano, de numerosas observaciones reales.

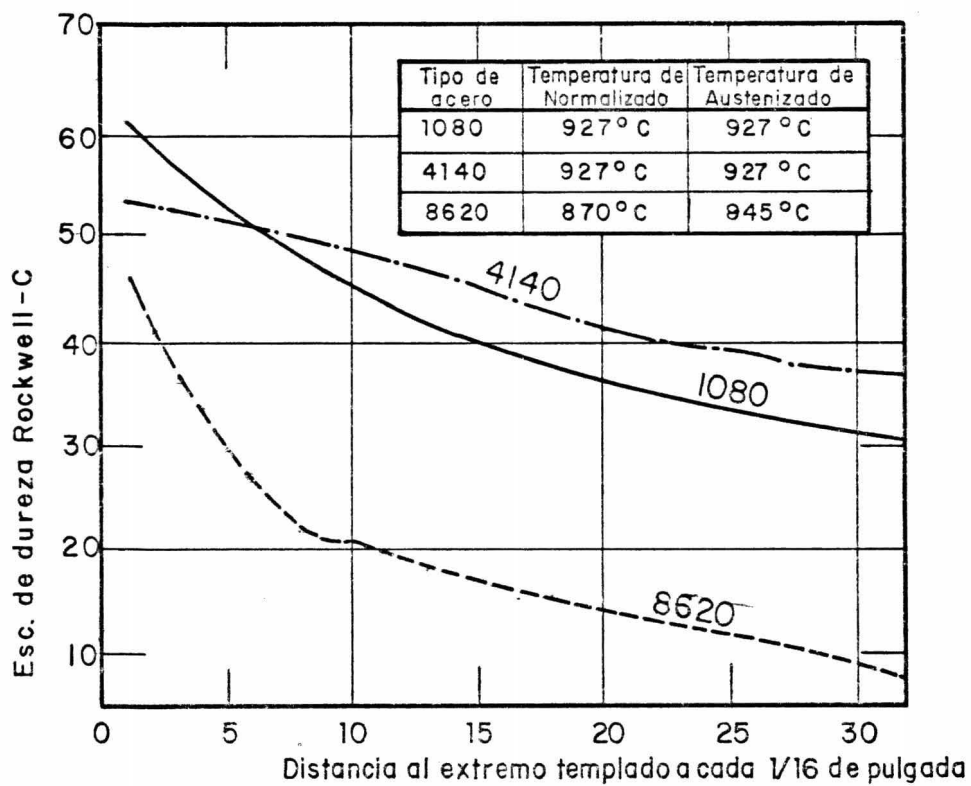


Fig 16 Curvas de templabilidad de tres tipos de aceros; 1080, 4140 y 8620

Tipo de acero 1080					Normalizado 927 °C						Austenizado 927 °C					
Lectura en generatriz 1	61 58.4	57 55	53 52	49.4 48.6	47.4 46.7	45.4 44.6	43.4 42.9	42 41	40.4 40	39.6 38.4	37.9 37.4	36.4 35.9	35.1 34.4	33.6 32.6	31.9 31.4	31
Lectura en generatriz 2	61 58.6	57 55	53 52	49.8 49.4	47.6 46	45.6 44	43.6 42.9	42 41	40.6 40	38.4 38.6	38.1 37.6	36.6 36.1	34.9 34.8	34.6 33.4	32.4 32.1	31.6 31
Promedio $\bar{X}$	61 58.5	57 55	53 52	49.5 48.5	47.5 46	45 44.5	43.5 42.9	42 41	40.5 40	39.5 38.5	38 37.5	36.5 36	35 34.5	34.5 33.5	32.5 32	31.5 31
1/16 por pulgada	1 2	3 4	5 6	7 8	9 10	11 12	13 14	15 16	17 18	19 20	21 22	23 24	25 26	27 28	29 30	31 32

Tipo de acero 4140					Normalizado 927 °C						Austenizado 927 °C						
Lectura en generatriz 1	58.6 58.2	57.7 57.4	55.9 55.2	53.9 53.4	51.9 51.0	50 49.9	48.8 48.6	44.8 43.6	43.6 43.4	42.4 41.0	40.0 39.9	39.7 39.6	39.4 38.7	38.8 38.5	38.0 37.9	37.0 35.7	
Lectura en generatriz 2	58.6 58.6	57.8 57.6	56.1 55.0	54.1 53.8	52.3 51.0	50 49.9	48.2 45.9	45.0 44.0	43.4 42.8	41.0 39.9	39.9 39.8	39.8 39.6	38.7 38.7	36.4 38.5	38.4 37.9	36.6 35.7	
Promedio $\bar{X}$	58.6 58.4	57.7 57.5	56.0 55.1	54 53.8	52.1 51	50 49.9	48.1 45.5	44.9 43.8	43.4 42.6	41 39.9	39.9 39.9	39.8 39.6	38.7 38.6	38.5 38.2	37.9 36.9	36.8 35.7	
1/16 por pulgada	1 2	3 4	5 6	7 8	9 10	11 12	13 14	15 16	17 18	19 20	21 22	23 24	25 26	27 28	29 30	31 32	
Banda H	Máx	60 60	60 59	59 58	58 57	57 56	56 55	55 54	54 53	53 52	5 51	49	48	47	46	45	44
	Mín	53 53	52 51	51 50	48 47	44 42	40 39	38 37	36 35	34	33	33	32	32	31	31	30

Tabla VIII

Lectura de las durezas en las generatrices de dos aceros ; tipo 1080 y 4140 ensayado, utilizando la prueba Jominy

Tipo de acero 8620					Normalizado 870 °C								Austenizado 845 °C							
Lectura en generatriz 1		41.8 41.0	38.0 33.6	29.9 26.8	23.7 21.4	20.8 20.2	19.4 18.7	18.0 17.6	16.0 15.2	14.9 14.4	14.0 14.6	14.5 13.1	12.8 11.9	11.0 10.6	9.8 9.8	9.3 9.2				
Lectura en generatriz 2		41.9 41.0	37.8 33.5	29.9 26.9	23.8 21.6	20.4 20.3	19.4 18.9	18.4 17.0	16.0 15.4	15.2 14.9	14.4 14.2	14.7 14.4	14.0 14.6	14.5 13.1	12.8 11.9	11.0 10.6	9.3 8.8			
Promedio $\bar{X}$		41.8 41.0	37.8 33.5	29.9 26.9	23.8 21.4	20.7 20.2	19.4 18.8	18.2 17.5	15.9 15.4	15.2 14.9	14.4 14.6	14.6 14.5	13.3 12.9	12.0 12.2	11.1 10.8	9.6 9.4	9.3 9.0			
1/16 por pulgada		1 2	3 4	5 6	7 8	9 10	11 12	13 14	15 16	17 18	19 20	21 22	23 24	25 26	27 28	29 30	31 32			
Banda H	Máx	56 55	54 52	50 47	44 41	39 37	35 34	33 32	31 30	29	29	29	29	29	29	29	29			
	Min	49 46	43 39	38 32	29 28	27 26	25 24	23 22	22 21	21	20	20	—	—	—	—	—			

Tabla VII

Lectura de las durezas en las generatrices de un acero 8620, ensayado utilizando la prueba de Jominy

## V. OBSERVACIONES.

El estudio de las curvas de Jominy facilita mucho el conocimiento de las propiedades de los aceros después del temple. -- Las primeras conclusiones que se sacan de estas observaciones son las siguientes:

1a.- La máxima dureza que se consigue en el temple de los aceros es función del contenido en carbono y es la que se obtiene precisamente en el extremo de la probeta enfriado por el agua. La dureza que se obtiene en el otro extremo corresponde aproximadamente al estado normalizado.

2a.- La presencia de elementos de aleación en los aceros, permite obtener después del temple durezas elevadas aún empleándose se bajas velocidades de enfriamiento.

3a.- Pequeñas cantidades de elementos aleados convenientemente seleccionados, ejercen una influencia más efectiva en la templeabilidad que un gran porcentaje de un solo elemento.

La curva 1 de la figura 17, es típico de un acero de alta templeabilidad, y la curva 5 corresponde en cambio, a un acero al carbono de muy poca penetración de temple, pudiéndose observar que en esta última, a 1/4 de pulgada de la base templada la dureza Rockwell-C es muy baja.

Al obtenerse en todas las curvas de la fig. 17 la misma dureza máxima aproximadamente, se comprende que esta depende --- principalmente del contenido en carbono y que no se modifica --- sensiblemente con los elementos de aleación. En cambio, en las curvas de la figura 18 se observa claramente como al aumentar el porcentaje de carbono, aumentan las durezas que se obtienen después del temple.

FIGURA 17

Curvas Jominy de varios aceros de 0.40% de carbono y diferentes elementos de aleación.

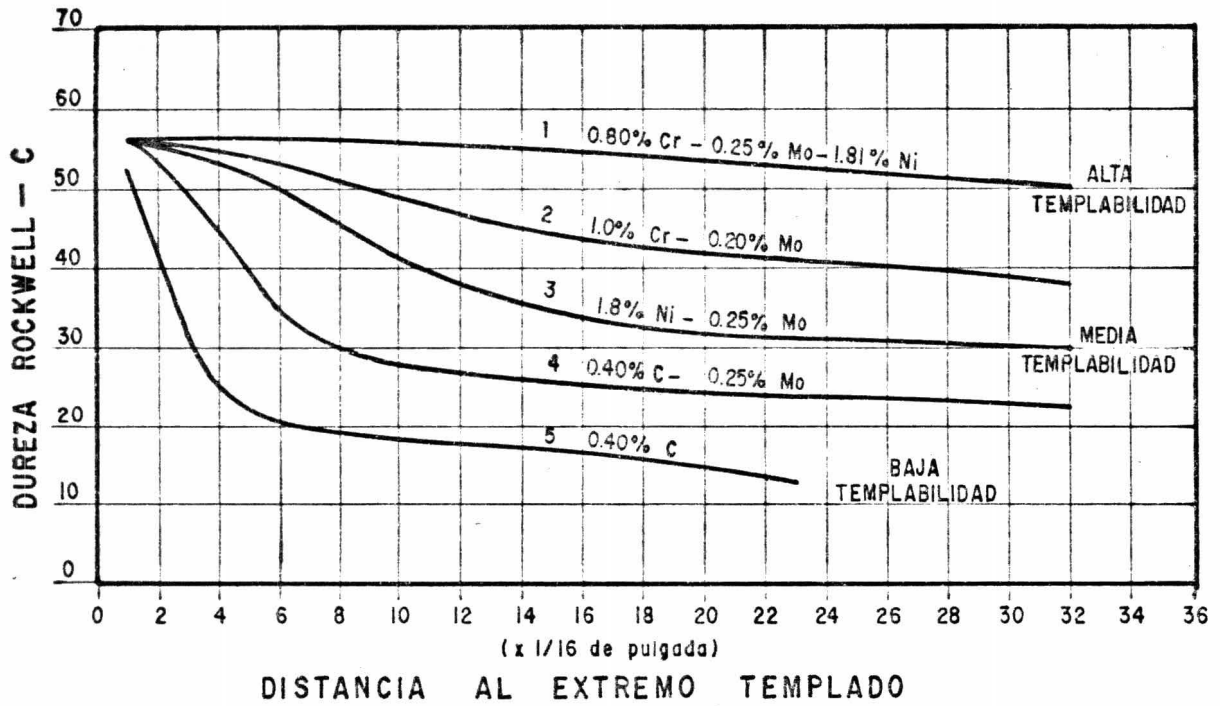
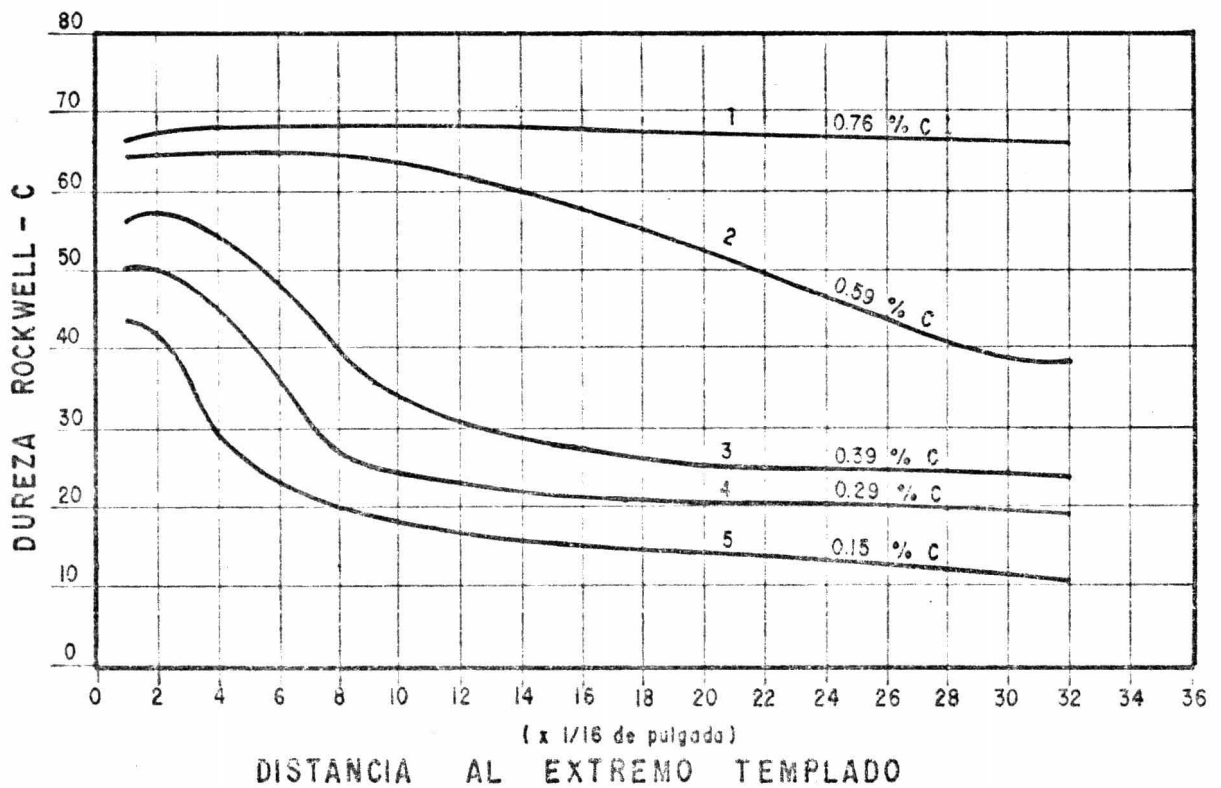


FIGURA 18

Curvas Jominy de diversos aceros de diferente contenido en carbono y los mismos elementos de aleación Mn=0.50% ; Ni= 1.75% ; Mo= 0.25%





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

- 1.- EDGAR C. BAIN AND HAROLD W. PAXTON. Alloying Elements in - Steel. American Society for Metals. 1966. pp. 128-135.
- 2.- SIDNEY H. AVNER. Introducción a la Metalurgia Física. Mc - Graw-Hill Book Company. 1966. pp 235-245.
- 3.- GROSSMAN.M.A. "Hardenability Calculated from Chemical Com - position". Transactions of the American Institute of Mi - ning and Metallurgical Engineers, Iron and Steel Division Vol. 150, 1942, pp. 227 - 259.
- 4.- BOYD, L.H. AND FIELD, JOSEPH. Calculation of the Standard End-Quench Hardenability Curve from Chemical Composition - and Grain Size. Contributions to the Metallurgy of Steel - No. 12. N Y., American Iron and Steel Institute, February- 1946, 25p.
- 5.- SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS, INC. "Methods of Determi - ning Hardenability of Steels, SAE Recommended Practice". - 1960 SAE Handbook, pp 24-43. N.Y. 1960.
- 6.- AMERICAN STANDARD OF TESTING MATERIALS. Tentative Method - of End-Quench Test for Hardenability of Steel. ASTM Desig - nation: A 255-62T. Vol. 5 1962. pp. 218-225.
- 7.- COMITE CONSULTIVO NACIONAL DE NORMALIZACION DE LA INDUSTRIA SIDERURGICA. Norma Oficial de Métodos de Prueba para la De - terminación de Dureza Rockwell y Rockwell Superficial de - Materiales metálicos. DGN-B-119-1969.

- 8.- COMITE CONSULTIVO NACIONAL DE NORMALIZACION DE LA INDUSTRIA SIDERURGICA. Norma Oficial de Sistema de Designación y Clasificación de los Aceros según su Composición Química. DGN-B-323-1968.
- 9.- APRAIZ BARREIRO JOSE. Tratamientos Térmicos de los Aceros. Editorial Dossat. Madrid España 1971. pp. 194-229.

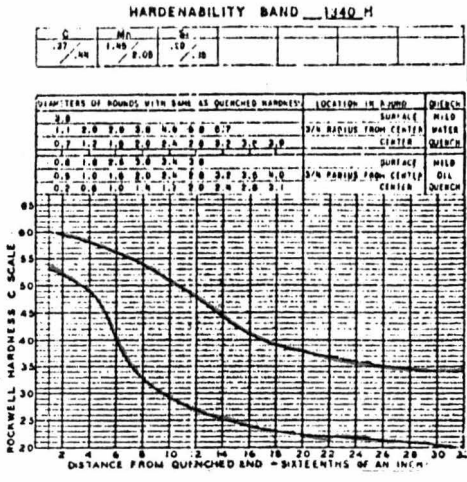
APENDICE

BANDAS DE TEMPLABILIDAD PARA DIFERENTES ACEROS ALEADOS.

HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES		
DIAMETER DISTANCES OF BALLS	1340 H	
	MIN	MAX
1	80	83
2	80	82
3	80	81
4	80	80
5	80	80
6	80	80
7	80	80
8	80	80
9	80	80
10	80	80
11	80	80
12	80	80
13	80	80
14	80	80
15	80	80
16	80	80
17	80	80
18	80	80
19	80	80
20	80	80
21	80	80
22	80	80
23	80	80
24	80	80
25	80	80
26	80	80
27	80	80
28	80	80
29	80	80
30	80	80
31	80	80
32	80	80

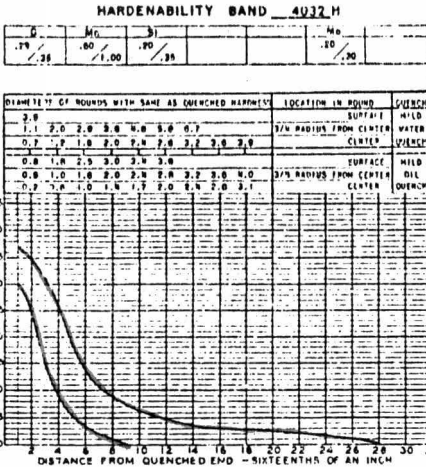
HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE:  
 \*NORMALIZE 1650 °F  
 \*AUSTENITIZE 1550 °F

\*For forged or rolled specimens only.



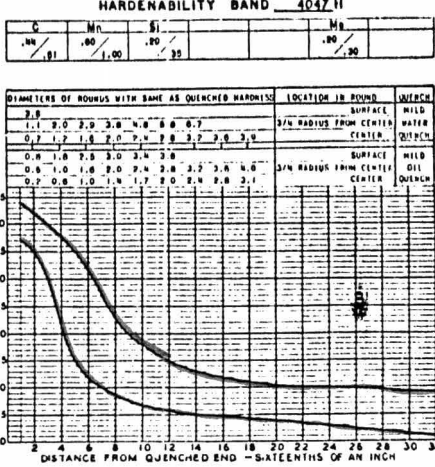
HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES		
1/2" DISTANCE BETWEEN SPECIMENS OF AN INCH	4037 H	
	MAX	MIN
1	87	80
2	86	79
3	85	78
4	84	77
5	83	76
6	82	75
7	81	74
8	80	73
9	79	72
10	78	71
11	77	70
12	76	69
13	75	68
14	74	67
15	73	66
16	72	65
17	71	64
18	70	63
19	69	62
20	68	61
21	67	60
22	66	59
23	65	58
24	64	57
25	63	56
26	62	55
27	61	54
28	60	53
29	59	52
30	58	51
31	57	50
32	56	49

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1400 °F  
 \*AUSTENITIZE 1600 °F  
 For forged or rolled specimens only.



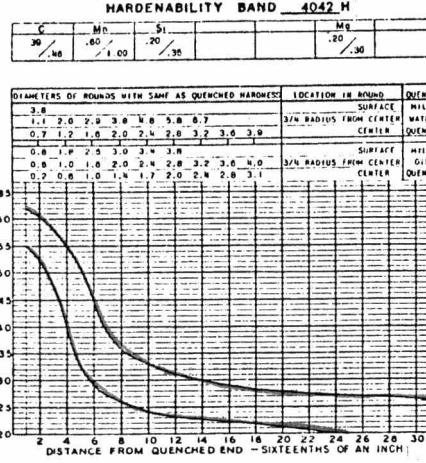
HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES		
1/2" DISTANCE BETWEEN SPECIMENS OF AN INCH	4038 H	
	MAX	MIN
1	86	87
2	85	86
3	84	85
4	83	84
5	82	83
6	81	82
7	80	81
8	79	80
9	78	79
10	77	78
11	76	77
12	75	76
13	74	75
14	73	74
15	72	73
16	71	72
17	70	71
18	69	70
19	68	69
20	67	68
21	66	67
22	65	66
23	64	65
24	63	64
25	62	63
26	61	62
27	60	61
28	59	60
29	58	59
30	57	58
31	56	57
32	55	56

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1400 °F  
 \*AUSTENITIZE 1600 °F  
 For forged or rolled specimens only.



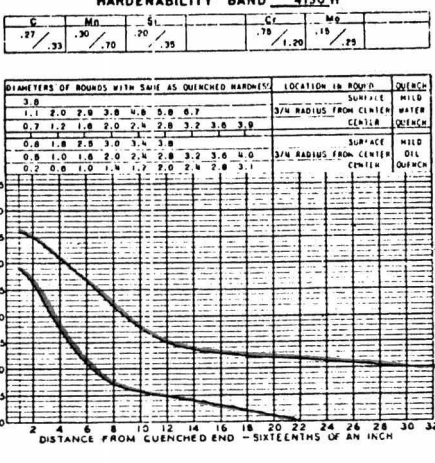
HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES		
1/2" DISTANCE BETWEEN SPECIMENS OF AN INCH	4043 H	
	MAX	MIN
1	82	85
2	80	82
3	80	80
4	80	80
5	80	80
6	80	80
7	80	80
8	80	80
9	80	80
10	80	80
11	80	80
12	80	80
13	80	80
14	80	80
15	80	80
16	80	80
17	80	80
18	80	80
19	80	80
20	80	80
21	80	80
22	80	80
23	80	80
24	80	80
25	80	80
26	80	80
27	80	80
28	80	80
29	80	80
30	80	80
31	80	80
32	80	80

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1400 °F  
 \*AUSTENITIZE 1550 °F  
 For forged or rolled specimens only.



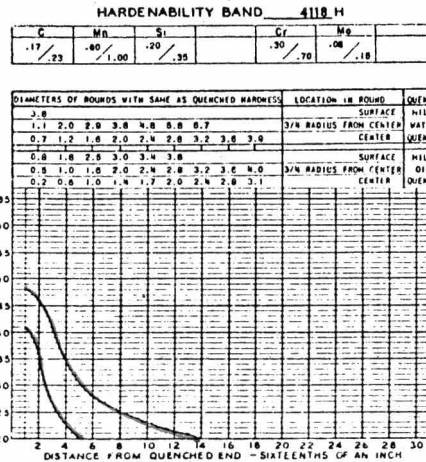
HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES		
1/2" DISTANCE BETWEEN SPECIMENS OF AN INCH	4130 B	
	MAX	MIN
1	50	49
2	50	48
3	50	47
4	50	46
5	50	45
6	50	44
7	50	43
8	50	42
9	50	41
10	50	40
11	50	39
12	50	38
13	50	37
14	50	36
15	50	35
16	50	34
17	50	33
18	50	32
19	50	31
20	50	30
21	50	29
22	50	28
23	50	27
24	50	26
25	50	25
26	50	24
27	50	23
28	50	22
29	50	21
30	50	20
31	50	19
32	50	18

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1450 °F  
 \*AUSTENITIZE 1600 °F  
 For forged or rolled specimens only.



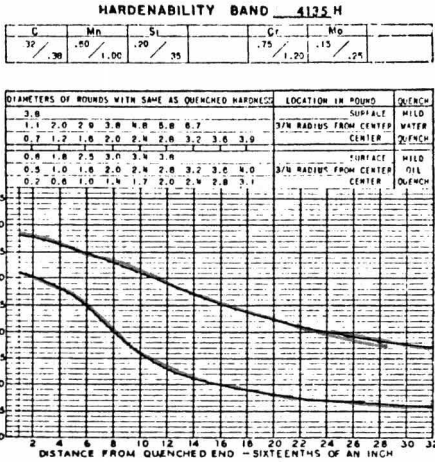
HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES		
1/2" DISTANCE BETWEEN SPECIMENS OF AN INCH	4118 H	
	MAX	MIN
1	40	41
2	40	40
3	40	39
4	40	38
5	40	37
6	40	36
7	40	35
8	40	34
9	40	33
10	40	32
11	40	31
12	40	30
13	40	29
14	40	28
15	40	27
16	40	26
17	40	25
18	40	24
19	40	23
20	40	22
21	40	21
22	40	20
23	40	19
24	40	18
25	40	17
26	40	16
27	40	15
28	40	14
29	40	13
30	40	12
31	40	11
32	40	10

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1700 °F  
 \*AUSTENITIZE 1700 °F  
 For forged or rolled specimens only.



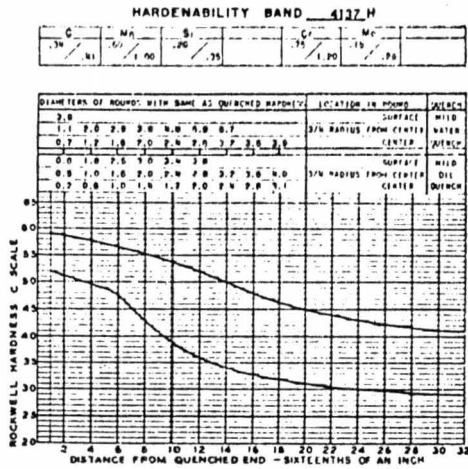
HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES		
1/2" DISTANCE BETWEEN SPECIMENS OF AN INCH	4125 B	
	MAX	MIN
1	56	51
2	56	50
3	57	49
4	56	48
5	56	47
6	56	46
7	56	45
8	56	44
9	56	43
10	56	42
11	56	41
12	56	40
13	56	39
14	56	38
15	56	37
16	56	36
17	56	35
18	56	34
19	56	33
20	56	32
21	56	31
22	56	30
23	56	29
24	56	28
25	56	27
26	56	26
27	56	25
28	56	24
29	56	23
30	56	22
31	56	21
32	56	20

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1400 °F  
 \*AUSTENITIZE 1550 °F  
 For forged or rolled specimens only.



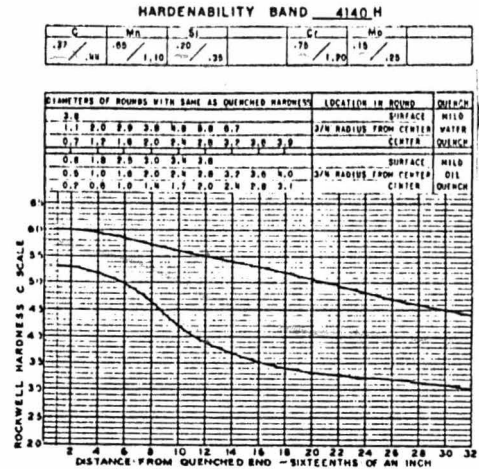
HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES			
1/2" DISTANCE BETWEEN SPECIMENS OF AN INCH	HARDNESS		
	MAX	MIX	MIN
1	90	80	
2	85	81	
3	80	80	
4	80	80	
5	87	80	
6	87	80	
7	86	80	
8	86	82	
9	86	80	
10	86	80	
11	83	87	
12	87	80	
13	81	86	
14	80	86	
15	80	83	
16	80	83	
18	80	80	
20	80	81	
22	80	80	
24	80	80	
26	80	80	
28	80	80	
30	80	80	
32	80	80	

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1600 °F  
 \*AUSTENITIZE 1500 °F  
 \*For forged or rolled specimens only.



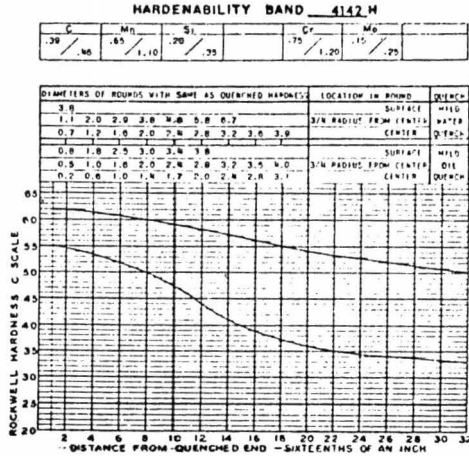
HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES			
1/2" DISTANCE BETWEEN SPECIMENS OF AN INCH	HARDNESS		
	MAX	MIX	MIN
1	80	83	
2	80	83	
3	80	80	
4	80	81	
5	80	81	
6	80	80	
7	80	87	
8	80	80	
9	87	80	
10	80	80	
11	80	80	
12	80	80	
14	80	80	
16	82	84	
18	81	83	
20	80	83	
22	80	80	
24	87	80	
26	80	81	
28	80	81	
30	80	80	
32	80	80	

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1600 °F  
 \*AUSTENITIZE 1500 °F  
 \*For forged or rolled specimens only.



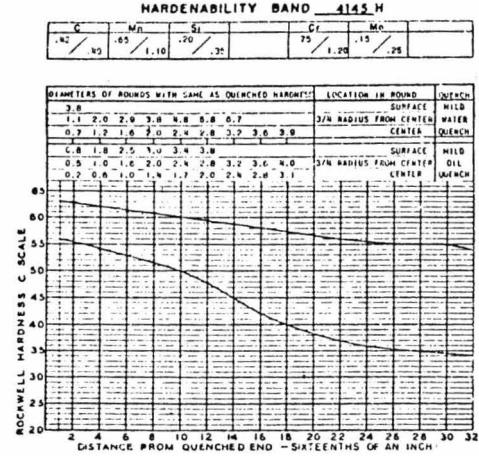
HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES			
1/2" DISTANCE BETWEEN SPECIMENS OF AN INCH	HARDNESS		
	MAX	MIX	MIN
1	82	85	
2	82	85	
3	82	80	
4	81	83	
5	81	83	
6	81	82	
7	80	81	
8	80	80	
9	80	80	
10	80	87	
11	80	80	
12	80	80	
13	80	82	
14	81	81	
15	81	80	
16	80	80	
18	80	87	
20	80	80	
22	83	85	
24	83	84	
26	82	80	
28	81	80	
30	81	83	
32	81	83	

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1600 °F  
 \*AUSTENITIZE 1500 °F  
 \*For forged or rolled specimens only.



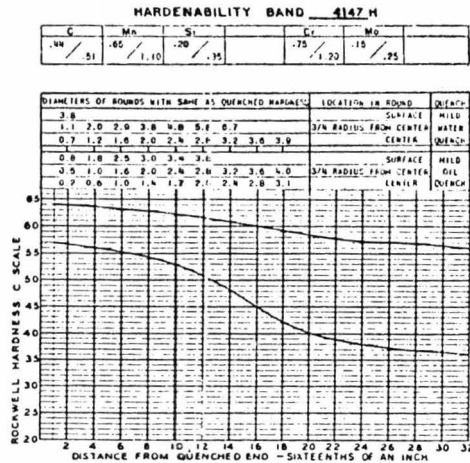
HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES			
1/2" DISTANCE BETWEEN SPECIMENS OF AN INCH	HARDNESS		
	MAX	MIX	MIN
1	83	80	
2	83	80	
3	82	80	
4	82	84	
5	82	83	
6	81	83	
7	81	82	
8	81	82	
9	80	81	
10	80	80	
11	80	80	
12	80	80	
14	80	85	
16	80	83	
18	80	80	
20	80	80	
22	80	87	
24	80	80	
26	80	80	
28	80	80	
30	80	80	
32	80	80	

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1600 °F  
 \*AUSTENITIZE 1500 °F  
 \*For forged or rolled specimens only.



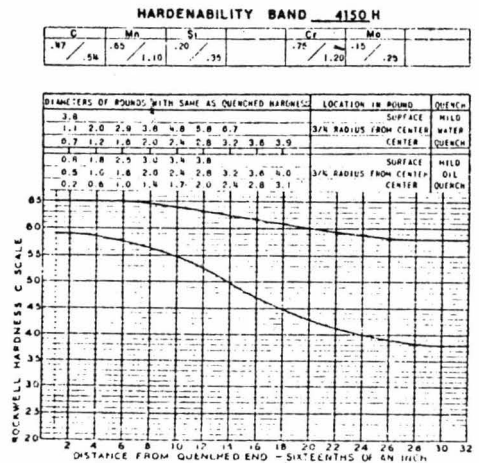
HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES			
1/2" DISTANCE BETWEEN SPECIMENS OF AN INCH	HARDNESS		
	MAX	MIX	MIN
1	84	87	
2	84	87	
3	84	80	
4	84	80	
5	83	85	
6	83	85	
7	83	85	
8	83	84	
9	83	84	
10	82	83	
11	82	82	
12	82	81	
13	81	80	
14	81	80	
15	80	80	
16	80	80	
18	80	82	
20	80	80	
22	80	80	
24	80	80	
26	80	80	
28	80	80	
30	80	80	
32	80	80	

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1600 °F  
 \*AUSTENITIZE 1500 °F  
 \*For forged or rolled specimens only.



HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES			
1/2" DISTANCE BETWEEN SPECIMENS OF AN INCH	HARDNESS		
	MAX	MIX	MIN
1	85	80	
2	85	80	
3	85	80	
4	85	80	
5	85	80	
6	85	80	
7	85	87	
8	85	80	
9	84	80	
10	84	80	
11	83	83	
12	83	83	
14	82	80	
16	82	80	
18	82	80	
20	80	80	
22	80	80	
24	80	80	
26	80	80	
28	80	80	
30	80	80	
32	80	80	

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1600 °F  
 \*AUSTENITIZE 1500 °F  
 \*For forged or rolled specimens only.

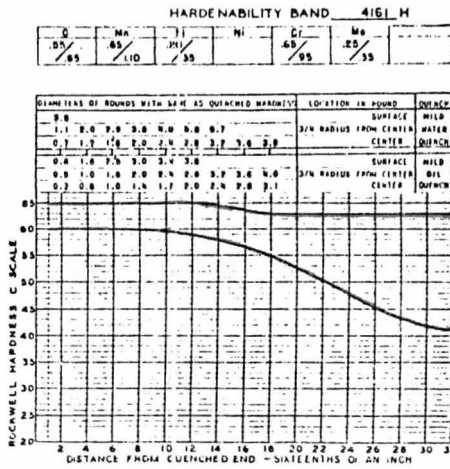




HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES		
1/2" DISTANCE FROM QUENCHED END - SIXTEENTHS OF AN INCH	4161 H	
	MAX.	MIN.
1	65	60
2	65	60
3	65	60
4	65	60
5	65	60
6	65	60
7	65	60
8	65	60
9	65	59
10	65	59
11	65	59
12	64	59
13	64	58
14	64	58
15	64	57
16	64	56
17	64	55
18	63	55
19	63	55
20	63	54
21	63	54
22	63	54
23	63	54
24	63	54
25	63	54
26	63	54
27	63	54
28	63	54
29	63	54
30	63	54
31	63	54
32	63	54

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1800 °F  
 \*AUSTENITIZE 1550 °F

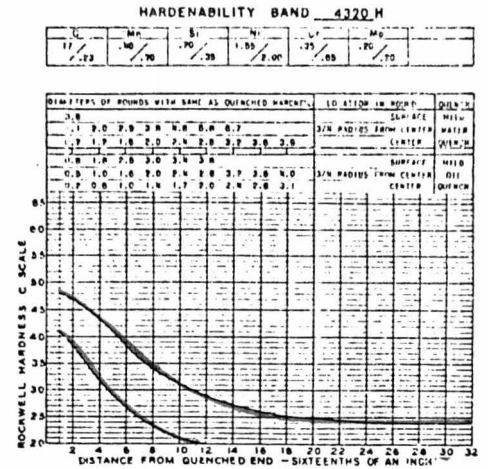
\*For forged or rolled specimens only.



HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES		
1/2" DISTANCE FROM QUENCHED END - SIXTEENTHS OF AN INCH	4130 P	
	MAX.	MIN.
1	61	61
2	61	57
3	61	57
4	61	57
5	61	57
6	60	57
7	60	57
8	60	57
9	60	57
10	60	57
11	60	57
12	60	57
13	60	57
14	60	57
15	60	57
16	60	57
17	60	57
18	60	57
19	60	57
20	60	57
21	60	57
22	60	57
23	60	57
24	60	57
25	60	57
26	60	57
27	60	57
28	60	57
29	60	57
30	60	57
31	60	57
32	60	57

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1700 °F  
 \*AUSTENITIZE 1700 °F

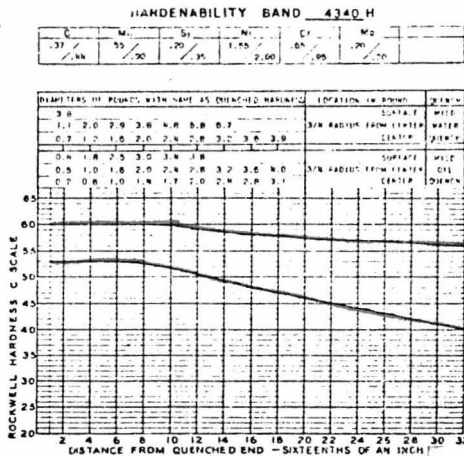
\*For forged or rolled specimens only.



HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES		
1/2" DISTANCE FROM QUENCHED END - SIXTEENTHS OF AN INCH	4340 H	
	MAX.	MIN.
1	60	53
2	60	53
3	60	53
4	60	53
5	60	53
6	60	53
7	60	53
8	60	53
9	60	52
10	60	52
11	59	51
12	59	51
13	59	50
14	58	50
15	58	50
16	58	50
17	58	50
18	58	50
19	58	50
20	58	50
21	58	50
22	58	50
23	58	50
24	58	50
25	58	50
26	58	50
27	58	50
28	58	50
29	58	50
30	58	50
31	58	50
32	58	50

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1800 °F  
 \*AUSTENITIZE 1550 °F

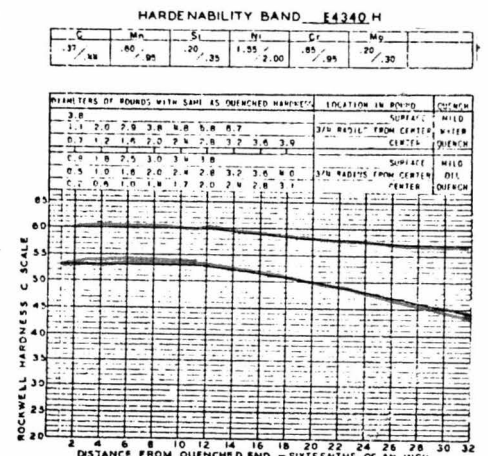
\*For forged or rolled specimens only.



HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES		
1/2" DISTANCE FROM QUENCHED END - SIXTEENTHS OF AN INCH	4340 H	
	MAX.	MIN.
1	60	53
2	60	53
3	60	53
4	60	53
5	60	53
6	60	53
7	60	53
8	60	53
9	60	53
10	60	53
11	60	53
12	60	53
13	60	53
14	60	53
15	60	53
16	60	53
17	60	53
18	60	53
19	60	53
20	60	53
21	60	53
22	60	53
23	60	53
24	60	53
25	60	53
26	60	53
27	60	53
28	60	53
29	60	53
30	60	53
31	60	53
32	60	53

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1800 °F  
 \*AUSTENITIZE 1550 °F

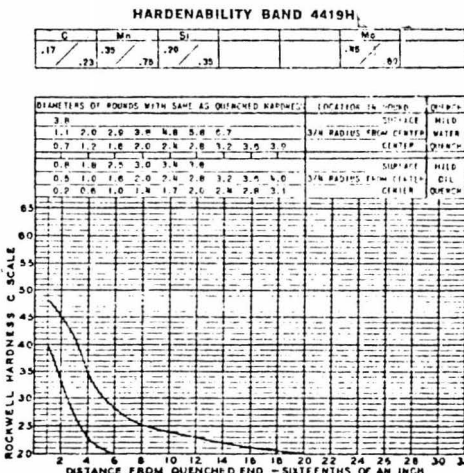
\*For forged or rolled specimens only.



HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES		
1/2" DISTANCE FROM QUENCHED END - SIXTEENTHS OF AN INCH	4419 H	
	MAX.	MIN.
1	60	40
2	60	33
3	60	27
4	60	23
5	60	23
6	60	20
7	60	20
8	60	20
9	60	20
10	60	20
11	60	20
12	60	20
13	60	20
14	60	20
15	60	20
16	60	20
17	60	20
18	60	20
19	60	20
20	60	20
21	60	20
22	60	20
23	60	20
24	60	20
25	60	20
26	60	20
27	60	20
28	60	20
29	60	20
30	60	20
31	60	20
32	60	20

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1700 °F  
 \*AUSTENITIZE 1700 °F

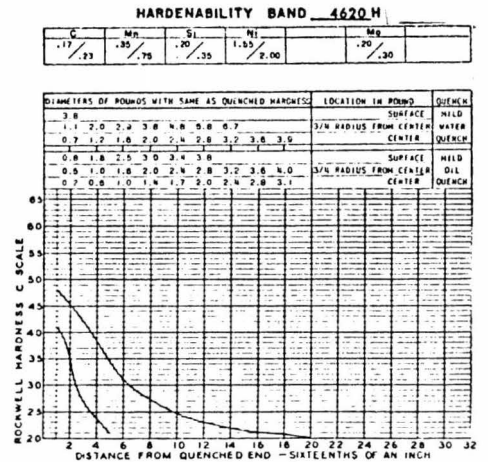
\*For forged or rolled specimens only.



HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES		
1/2" DISTANCE FROM QUENCHED END - SIXTEENTHS OF AN INCH	4620 H	
	MAX.	MIN.
1	60	61
2	60	55
3	60	55
4	60	55
5	60	55
6	60	55
7	60	55
8	60	55
9	60	55
10	60	55
11	60	55
12	60	55
13	60	55
14	60	55
15	60	55
16	60	55
17	60	55
18	60	55
19	60	55
20	60	55
21	60	55
22	60	55
23	60	55
24	60	55
25	60	55
26	60	55
27	60	55
28	60	55
29	60	55
30	60	55
31	60	55
32	60	55

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1700 °F  
 \*AUSTENITIZE 1700 °F

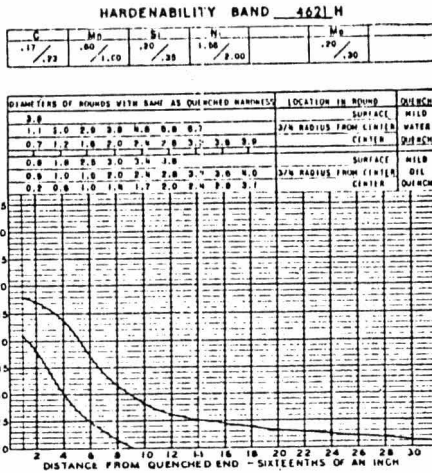
\*For forged or rolled specimens only.



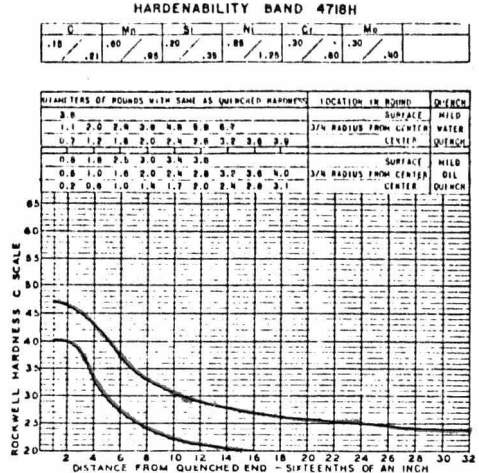
HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES			
1/2" DISTANCE SIXTEENTHS OF AN INCH	4621 H		
	MAX	MIX	H18
1	46	41	37
2	47	40	36
3	46	39	34
4	44	38	30
5	41	37	-
6	37	33	-
7	34	32	-
8	32	32	-
9	30	30	-
10	28	-	-
11	27	-	-
12	26	-	-
13	-	-	-
14	26	-	-
15	25	-	-
16	24	-	-
17	23	-	-
18	22	-	-
19	22	-	-
20	21	-	-
21	21	-	-
22	21	-	-
23	21	-	-
24	21	-	-
25	21	-	-
26	21	-	-
27	21	-	-
28	21	-	-
29	21	-	-
30	21	-	-
31	21	-	-
32	21	-	-
33	21	-	-
34	21	-	-
35	21	-	-
36	21	-	-
37	21	-	-
38	21	-	-
39	21	-	-
40	21	-	-
41	21	-	-
42	21	-	-
43	21	-	-
44	21	-	-
45	21	-	-
46	21	-	-
47	21	-	-
48	21	-	-
49	21	-	-
50	21	-	-
51	21	-	-
52	21	-	-
53	21	-	-
54	21	-	-
55	21	-	-
56	21	-	-
57	21	-	-
58	21	-	-
59	21	-	-
60	21	-	-
61	21	-	-
62	21	-	-
63	21	-	-
64	21	-	-
65	21	-	-
66	21	-	-
67	21	-	-
68	21	-	-
69	21	-	-
70	21	-	-
71	21	-	-
72	21	-	-
73	21	-	-
74	21	-	-
75	21	-	-
76	21	-	-
77	21	-	-
78	21	-	-
79	21	-	-
80	21	-	-
81	21	-	-
82	21	-	-
83	21	-	-
84	21	-	-
85	21	-	-
86	21	-	-
87	21	-	-
88	21	-	-
89	21	-	-
90	21	-	-
91	21	-	-
92	21	-	-
93	21	-	-
94	21	-	-
95	21	-	-
96	21	-	-
97	21	-	-
98	21	-	-
99	21	-	-
100	21	-	-

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1700 °F  
 \*AUSTENITIZE 1700 °F

\*For forged or rolled specimens only.



\*For forged or rolled specimens only.



\*For forged or rolled specimens only.

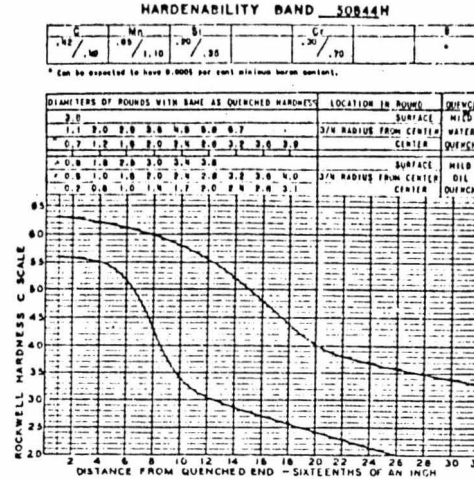
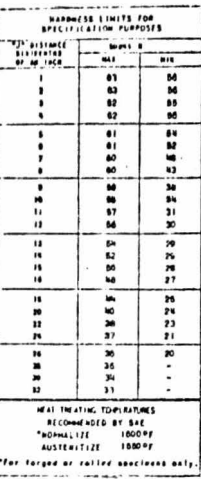
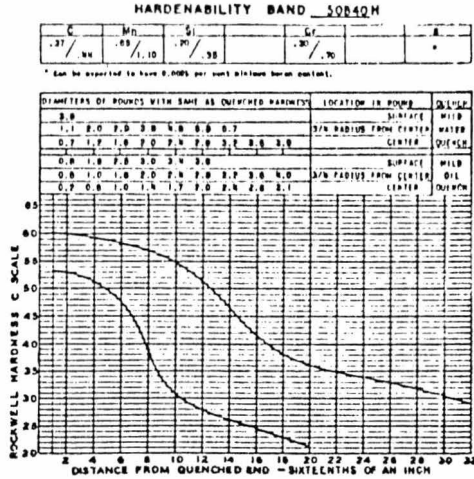
HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES			
1/2" DISTANCE SIXTEENTHS OF AN INCH	4720 H		
	MAX	MIX	H18
1	46	41	37
2	47	40	36
3	43	37	32
4	40	36	30
5	37	35	29
6	35	34	28
7	33	33	27
8	32	32	26
9	31	31	25
10	30	30	24
11	29	29	23
12	28	28	22
13	27	27	21
14	26	26	20
15	25	25	19
16	24	24	18
17	23	23	17
18	22	22	16
19	21	21	15
20	21	21	15
21	21	21	15
22	21	21	15
23	21	21	15
24	21	21	15
25	21	21	15
26	21	21	15
27	21	21	15
28	21	21	15
29	21	21	



HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES		
1/2" DISTANCE BETWEEN SPECIMENS OF AN INCH	MINIMUM H	
	MIN	MAX
1	60	63
2	60	63
3	60	66
4	60	66
5	60	66
6	60	66
7	60	66
8	60	66
9	60	66
10	60	66
11	60	66
12	60	66
13	60	66
14	60	66
15	60	66
16	60	66
17	60	66
18	60	66
19	60	66
20	60	66
21	60	66
22	60	66
23	60	66
24	60	66
25	60	66
26	60	66
27	60	66
28	60	66
29	60	66
30	60	66
31	60	66
32	60	66
33	60	66
34	60	66
35	60	66
36	60	66
37	60	66
38	60	66
39	60	66
40	60	66
41	60	66
42	60	66
43	60	66
44	60	66
45	60	66
46	60	66
47	60	66
48	60	66
49	60	66
50	60	66
51	60	66
52	60	66
53	60	66
54	60	66
55	60	66
56	60	66
57	60	66
58	60	66
59	60	66
60	60	66

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1600 °F  
 AUSTENITIZE 1500 °F

\*For forged or rolled specimens only.



**HARDENABILITY BAND 50Q46H**

C	Mn	Si	Cr	B
.47	.85	.20	.30	
W2	C3	20	13	

\* Can be expected to have 0.0005% by cent minimum boron content.

DIAMETERS OF ROUNDS WITH SAME AS QUENCHED HARDNESS	LOCATION IN ROUND	QUENCH
3.0	SURFACE	WILD
1.1 2.0 2.0 3.0 4.0 5.0 6.0 6.7	3/4 RADIUS FROM CENTER	WATER
0.7 1.2 1.8 2.0 2.4 2.8 3.2 3.6 3.9	CENTER	QUENCH
0.8 1.8 2.5 3.0 3.4 3.8	SURFACE	WILD
0.5 1.0 1.6 2.0 2.4 2.8 3.2 3.6 4.0	3/4 RADIUS FROM CENTER	OIL
0.2 0.8 1.0 1.4 1.7 2.0 2.4 2.8 3.1	CENTER	QUENCH

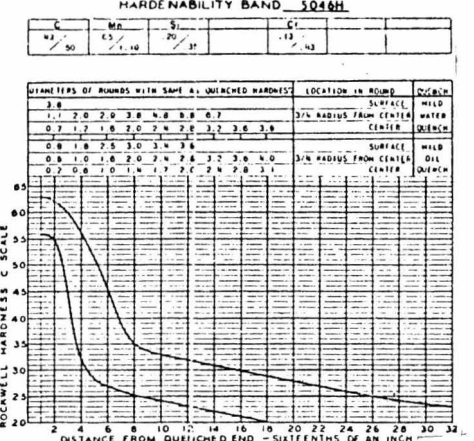
ROCKWELL HARDNESS C SCALE

DISTANCE FROM QUENCHED END - SIXTEENTHS OF AN INCH

1/2" DISTANCE BETWEEN SPECIMENS OF AN INCH	MINIMUM H	MAXIMUM H
1	63	66
2	62	66
3	62	66
4	62	66
5	61	64
6	61	64
7	60	64
8	60	64
9	60	64
10	60	64
11	60	64
12	60	64
13	60	64
14	60	64
15	60	64
16	60	64
17	60	64
18	60	64
19	60	64
20	60	64
21	60	64
22	60	64
23	60	64
24	60	64
25	60	64
26	60	64
27	60	64
28	60	64
29	60	64
30	60	64
31	60	64
32	60	64
33	60	64
34	60	64
35	60	64
36	60	64
37	60	64
38	60	64
39	60	64
40	60	64
41	60	64
42	60	64
43	60	64
44	60	64
45	60	64
46	60	64
47	60	64
48	60	64
49	60	64
50	60	64
51	60	64
52	60	64
53	60	64
54	60	64
55	60	64
56	60	64
57	60	64
58	60	64
59	60	64
60	60	64

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1600 °F  
 AUSTENITIZE 1500 °F

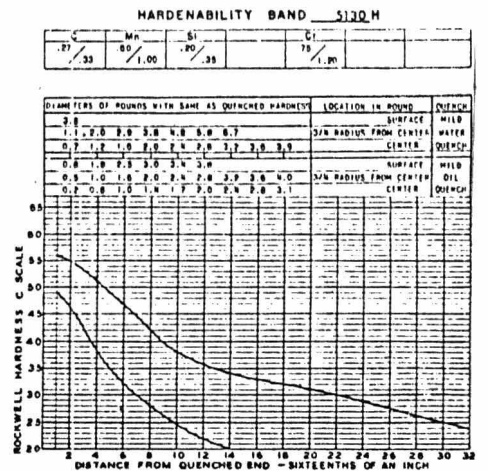
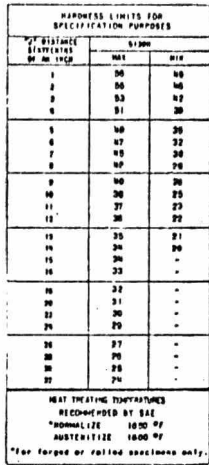
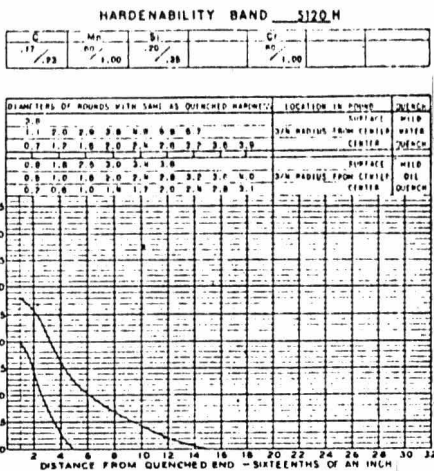
\*For forged or rolled specimens only.



HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES		
1/2" DISTANCE BETWEEN SPECIMENS OF AN INCH	S139M	
	MAX	MIN
1	48	40
2	46	38
3	44	36
4	42	34
5	40	32
6	38	30
7	36	28
8	34	26
9	32	24
10	30	22
11	28	20
12	26	18
13	24	16
14	22	14
15	20	12
16	18	10
17	16	8
18	14	6
19	12	4
20	10	2
21	8	0
22	6	0
23	4	0
24	2	0
25	0	0
26	0	0
27	0	0
28	0	0
29	0	0
30	0	0
31	0	0
32	0	0
33	0	0
34	0	0
35	0	0
36	0	0
37	0	0
38	0	0
39	0	0
40	0	0
41	0	0
42	0	0
43	0	0
44	0	0
45	0	0
46	0	0
47	0	0
48	0	0
49	0	0
50	0	0
51	0	0
52	0	0
53	0	0
54	0	0
55	0	0
56	0	0
57	0	0
58	0	0
59	0	0
60	0	0
61	0	0
62	0	0
63	0	0
64	0	0
65	0	0
66	0	0
67	0	0
68	0	0
69	0	0
70	0	0
71	0	0
72	0	0
73	0	0
74	0	0
75	0	0
76	0	0
77	0	0
78	0	0
79	0	0
80	0	0
81	0	0
82	0	0
83	0	0
84	0	0
85	0	0
86	0	0
87	0	0
88	0	0
89	0	0
90	0	0
91	0	0
92	0	0
93	0	0
94	0	0
95	0	0
96	0	0
97	0	0
98	0	0
99	0	0
100	0	0

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1700 °F  
 \*AUSTENITIZE 1700 °F

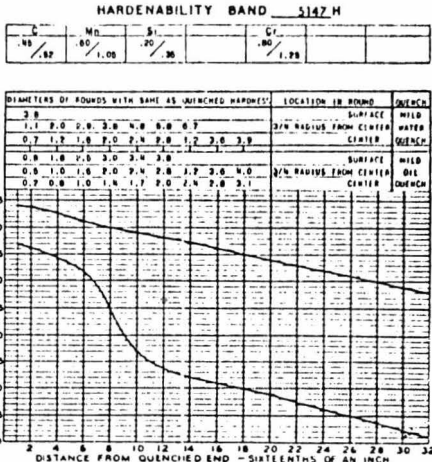
\*For forged or rolled specimens only.



HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES		
1/2" DISTANCE BETWEEN SPECIMENS OF AN INCH	SIEMENS	
	HA1	HA2
1	84	87
2	84	86
3	84	85
4	82	84
5	82	83
6	81	82
7	81	80
8	80	80
9	80	80
10	80	79
11	80	78
12	80	78
13	80	78
14	80	78
15	80	78
16	80	78
17	80	78
18	80	78
19	80	78
20	80	78
21	80	78
22	80	78
23	80	78
24	80	78
25	80	78
26	80	78
27	80	78
28	80	78
29	80	78
30	80	78
31	80	78
32	80	78

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1800 °F  
 \*AUSTENITIZE 1500 °F

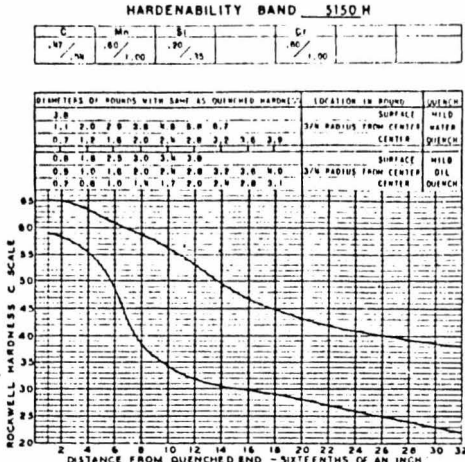
\*For forged or rolled specimens only.



HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES		
1/2" DISTANCE BETWEEN SPECIMENS OF AN INCH	SIEMENS	
	HA1	HA2
1	85	87
2	85	86
3	84	85
4	82	84
5	82	83
6	81	82
7	81	80
8	80	80
9	80	80
10	80	79
11	80	78
12	80	78
13	81	77
14	80	76
15	80	75
16	80	74
17	80	73
18	80	72
19	80	71
20	80	70
21	80	69
22	80	68
23	80	67
24	80	66
25	80	65
26	80	64
27	80	63
28	80	62
29	80	61
30	80	60
31	80	59
32	80	58

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1800 °F  
 \*AUSTENITIZE 1500 °F

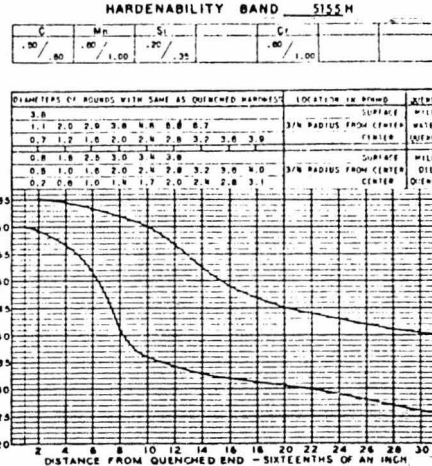
\*For forged or rolled specimens only.



HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES		
1/2" DISTANCE BETWEEN SPECIMENS OF AN INCH	SIEMENS	
	HA1	HA2
1	80	80
2	85	86
3	84	85
4	84	84
5	83	83
6	83	82
7	83	81
8	82	81
9	81	80
10	80	80
11	80	79
12	80	78
13	85	78
14	80	77
15	81	76
16	80	75
17	80	74
18	80	73
19	80	72
20	80	71
21	80	70
22	80	69
23	80	68
24	80	67
25	80	66
26	80	65
27	80	64
28	80	63
29	80	62
30	80	61
31	80	60
32	80	59

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1800 °F  
 \*AUSTENITIZE 1500 °F

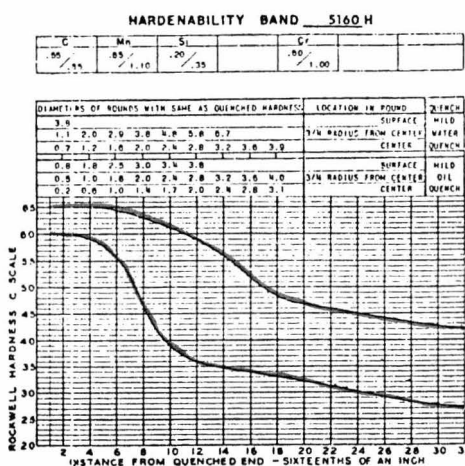
\*For forged or rolled specimens only.



HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES		
1/2" DISTANCE BETWEEN SPECIMENS OF AN INCH	SIEMENS	
	HA1	HA2
1	80	80
2	85	86
3	84	85
4	84	84
5	83	83
6	83	82
7	83	81
8	82	81
9	82	80
10	80	80
11	80	79
12	80	78
13	80	77
14	80	76
15	80	75
16	80	74
17	80	73
18	80	72
19	80	71
20	80	70
21	80	69
22	80	68
23	80	67
24	80	66
25	80	65
26	80	64
27	80	63
28	80	62
29	80	61
30	80	60
31	80	59
32	80	58

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1800 °F  
 \*AUSTENITIZE 1500 °F

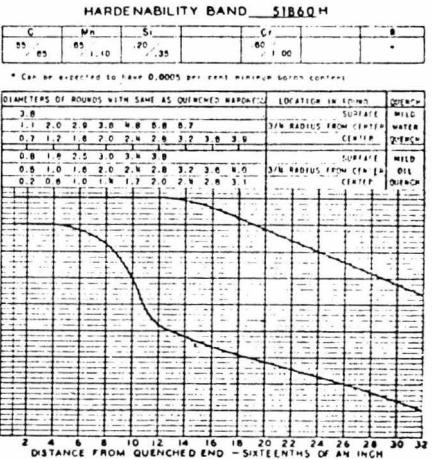
\*For forged or rolled specimens only.



HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES		
1/2" DISTANCE BETWEEN SPECIMENS OF AN INCH	SIEMENS	
	HA1	HA2
1	80	80
2	80	80
3	80	80
4	80	80
5	80	80
6	80	80
7	80	80
8	80	80
9	80	80
10	80	80
11	80	80
12	80	80
13	80	80
14	80	80
15	80	80
16	80	80
17	80	80
18	80	80
19	80	80
20	80	80
21	80	80
22	80	80
23	80	80
24	80	80
25	80	80
26	80	80
27	80	80
28	80	80
29	80	80
30	80	80
31	80	80
32	80	80

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1800 °F  
 \*AUSTENITIZE 1500 °F

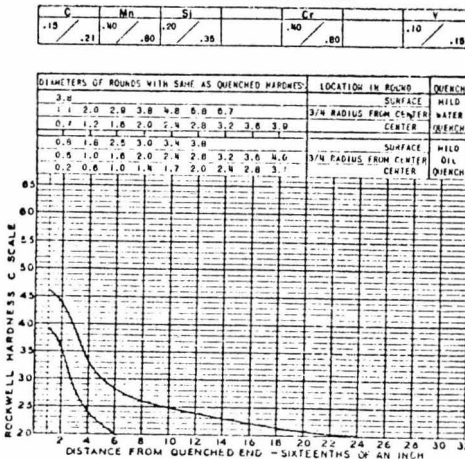
\*For forged or rolled specimens only.



HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES		
1/2" DISTANCE BETWEEN SPECIMENS OF AN INCH	SIEMENS	
	HA1	HA2
1	80	80
2	84	86
3	84	84
4	83	84
5	80	80
6	80	80
7	80	80
8	80	80
9	80	80
10	80	80
11	80	80
12	80	80
13	80	80
14	80	80
15	80	80
16	80	80
17	80	80
18	80	80
19	80	80
20	80	80
21	80	80
22	80	80
23	80	80
24	80	80
25	80	80
26	80	80
27	80	80
28	80	80
29	80	80
30	80	80
31	80	80
32	80	80

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1700 °F  
 \*AUSTENITIZE 1700 °F

\*For forged or rolled specimens only.

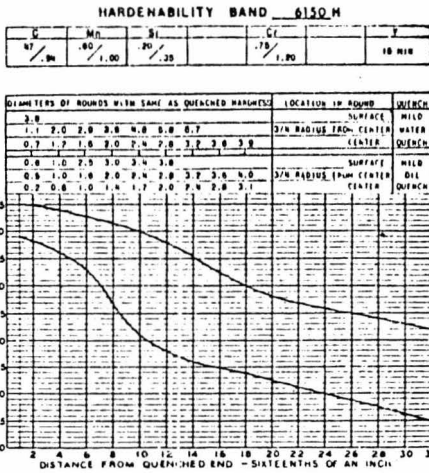




HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES		
2" DISTANCE BETWEEN SPECIMENS BY AN INCH	B510H	
	MAX	MIN
1	85	80
2	83	80
3	84	81
4	84	80
5	83	80
6	83	83
7	82	80
8	81	81
9	81	83
10	80	81
11	80	79
12	80	78
13	81	77
14	80	76
15	80	75
16	81	75
17	80	74
18	80	74
19	80	73
20	80	73
21	80	72
22	80	71
23	80	70
24	80	70
25	80	70
26	80	70
27	80	70
28	80	70
29	80	70
30	80	70
31	80	70
32	80	70

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1650 °F  
 \*AUSTENITIZE 1650 °F

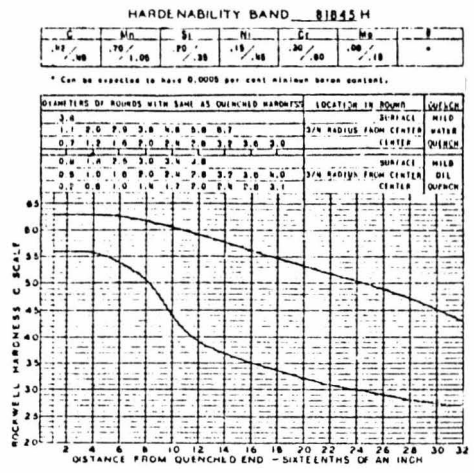
\*For forged or rolled specimens only.



HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES		
2" DISTANCE BETWEEN SPECIMENS BY AN INCH	B510H	
	MAX	MIN
1	83	80
2	83	80
3	83	80
4	83	80
5	83	80
6	83	84
7	82	83
8	82	81
9	81	80
10	80	80
11	80	81
12	80	79
13	80	78
14	81	77
15	81	76
16	80	75
17	80	74
18	80	74
19	80	73
20	80	73
21	80	72
22	80	71
23	80	71
24	80	70
25	80	70
26	80	70
27	80	70

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1650 °F  
 \*AUSTENITIZE 1650 °F

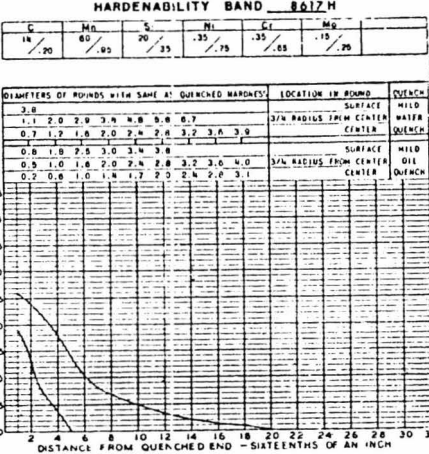
\*For forged or rolled specimens only.



HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES		
2" DISTANCE BETWEEN SPECIMENS BY AN INCH	B510H	
	MAX	MIN
1	85	30
2	84	33
3	81	27
4	78	24
5	74	20
6	71	-
7	70	-
8	70	-
9	70	-
10	70	-
11	70	-
12	70	-
13	70	-
14	70	-
15	70	-
16	70	-
17	70	-
18	70	-
19	70	-
20	70	-
21	70	-
22	70	-
23	70	-
24	70	-
25	70	-
26	70	-
27	70	-
28	70	-
29	70	-
30	70	-
31	70	-
32	70	-

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1700 °F  
 \*AUSTENITIZE 1700 °F

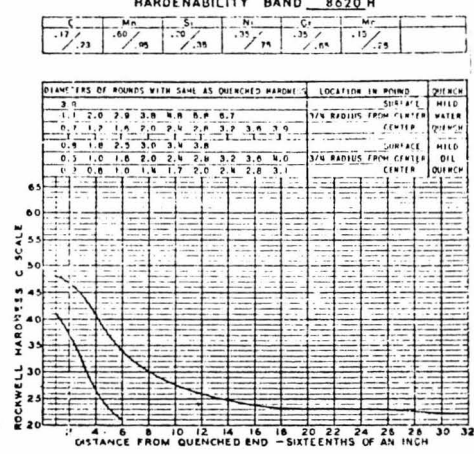
\*For forged or rolled specimens only.



HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES		
2" DISTANCE BETWEEN SPECIMENS BY AN INCH	B510H	
	MAX	MIN
1	88	81
2	82	87
3	80	82
4	81	77
5	87	83
6	84	81
7	82	80
8	80	-
9	79	-
10	78	-
11	77	-
12	75	-
13	75	-
14	75	-
15	74	-
16	74	-
17	74	-
18	73	-
19	72	-
20	72	-
21	72	-
22	72	-
23	72	-
24	72	-
25	72	-
26	72	-
27	72	-
28	72	-
29	72	-
30	72	-
31	72	-
32	72	-

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1700 °F  
 \*AUSTENITIZE 1700 °F

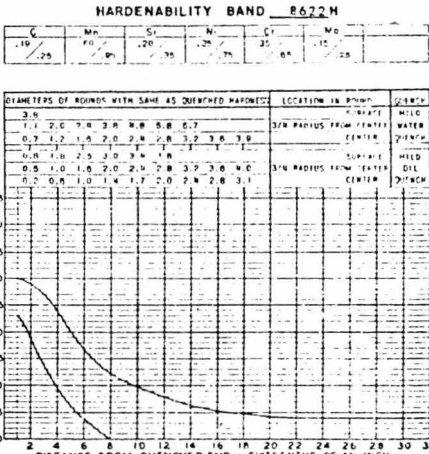
\*For forged or rolled specimens only.



HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES		
2" DISTANCE BETWEEN SPECIMENS BY AN INCH	B622H	
	MAX	MIN
1	50	43
2	50	39
3	47	34
4	46	30
5	43	26
6	40	24
7	34	22
8	32	20
9	31	-
10	30	-
11	30	-
12	30	-
13	27	-
14	26	-
15	26	-
16	25	-
17	25	-
18	25	-
19	24	-
20	24	-
21	24	-
22	24	-
23	24	-
24	24	-
25	24	-
26	24	-
27	24	-
28	24	-
29	24	-
30	24	-
31	24	-
32	24	-

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1700 °F  
 \*AUSTENITIZE 1700 °F

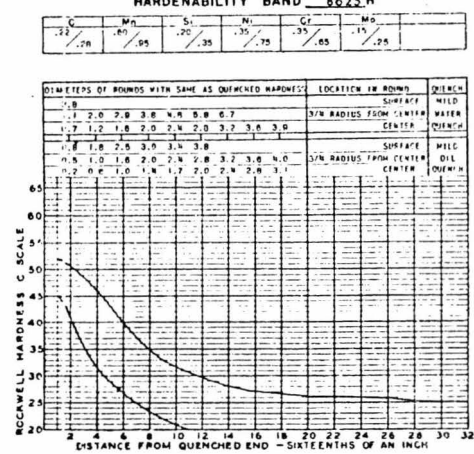
\*For forged or rolled specimens only.



HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES		
2" DISTANCE BETWEEN SPECIMENS BY AN INCH	B622H	
	MAX	MIN
1	52	45
2	51	41
3	48	36
4	46	32
5	43	29
6	40	27
7	37	25
8	35	23
9	33	22
10	32	21
11	31	20
12	30	-
13	29	-
14	28	-
15	28	-
16	27	-
17	27	-
18	27	-
19	26	-
20	26	-
21	26	-
22	26	-
23	26	-
24	26	-
25	26	-
26	26	-
27	26	-
28	26	-
29	26	-
30	26	-
31	26	-
32	26	-

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1550 °F  
 \*AUSTENITIZE 1550 °F

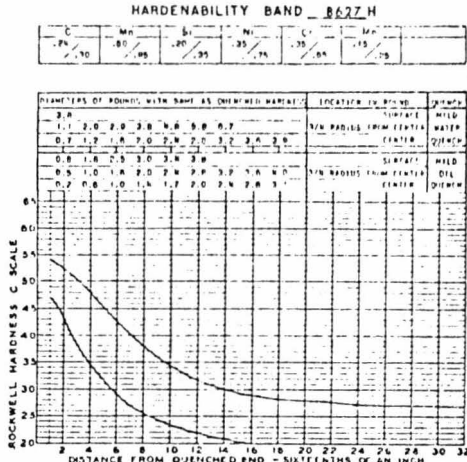
\*For forged or rolled specimens only.



HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES		
1/2" DISTANCE BETWEEN SPECIMENS OF AN INCH	RCM	
	MAX	MIN
1	58	57
2	57	53
3	50	38
4	48	35
5	45	37
6	43	37
7	40	37
8	38	35
9	36	29
10	34	24
11	33	23
12	32	22
13	31	21
14	30	21
15	30	20
16	29	20
18	28	-
20	28	-
22	28	-
24	27	-
26	27	-
28	27	-
30	27	-
32	27	-

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1500 °F  
 \*AUSTENITIZE 1500 °F

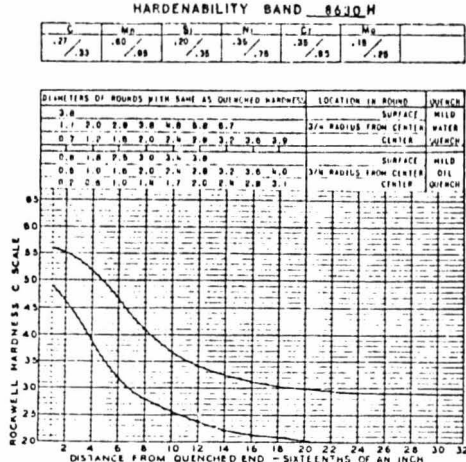
\*For forged or rolled specimens only.



HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES		
1/2" DISTANCE BETWEEN SPECIMENS OF AN INCH	RCM	
	MAX	MIN
1	66	60
2	65	60
3	64	60
4	60	50
5	59	50
6	58	48
7	54	40
8	51	37
9	49	37
10	47	36
11	46	35
12	45	34
13	43	33
14	42	32
15	41	31
16	40	30
18	39	29
20	38	28
22	37	27
24	36	26
26	35	25
28	34	24
30	33	23
32	32	22

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1500 °F  
 \*AUSTENITIZE 1500 °F

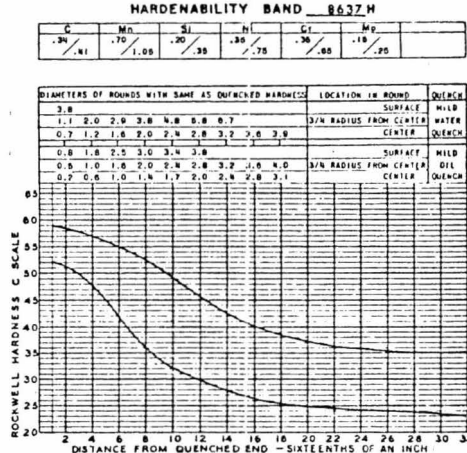
\*For forged or rolled specimens only.



HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES		
1/2" DISTANCE BETWEEN SPECIMENS OF AN INCH	RCM	
	MAX	MIN
1	60	52
2	58	51
3	58	50
4	57	48
5	56	45
6	55	42
7	54	38
8	53	36
9	51	34
10	49	32
11	47	31
12	46	30
13	44	29
14	43	28
15	41	27
16	40	26
18	39	25
20	37	25
22	36	24
24	35	24
26	35	24
28	35	23
30	35	23
32	35	23

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1500 °F  
 \*AUSTENITIZE 1500 °F

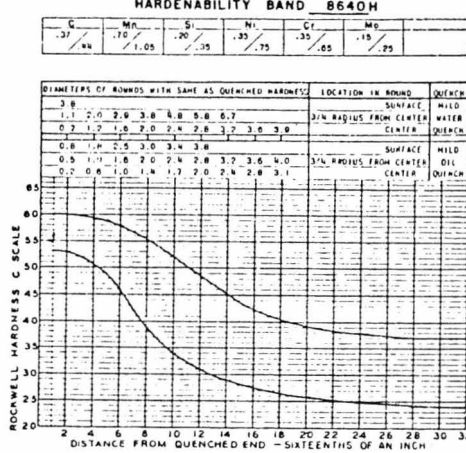
\*For forged or rolled specimens only.



HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES		
1/2" DISTANCE BETWEEN SPECIMENS OF AN INCH	RCM	
	MAX	MIN
1	60	53
2	60	53
3	60	52
4	60	51
5	58	48
6	58	46
7	57	42
8	55	39
9	54	36
10	52	34
11	50	32
12	49	31
13	47	30
14	45	29
15	44	28
16	42	28
18	41	26
20	39	26
22	38	25
24	38	25
26	37	24
28	37	24
30	37	24
32	37	24

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1500 °F  
 \*AUSTENITIZE 1500 °F

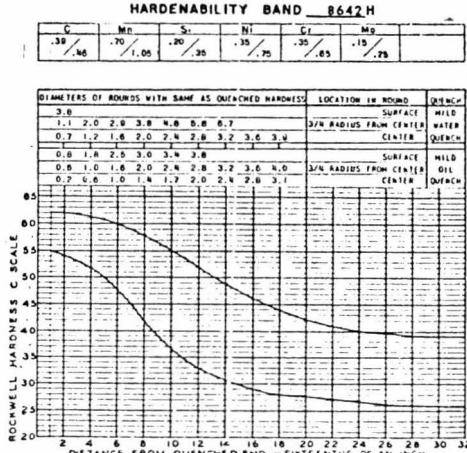
\*For forged or rolled specimens only.



HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES		
1/2" DISTANCE BETWEEN SPECIMENS OF AN INCH	RCM	
	MAX	MIN
1	62	55
2	62	54
3	62	53
4	61	52
5	61	50
6	60	48
7	59	45
8	58	42
9	57	40
10	55	37
11	54	36
12	53	35
13	52	34
14	50	32
15	49	31
16	48	30
18	46	29
20	44	28
22	42	28
24	41	27
26	40	27
28	40	26
30	39	26
32	38	26

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1500 °F  
 \*AUSTENITIZE 1500 °F

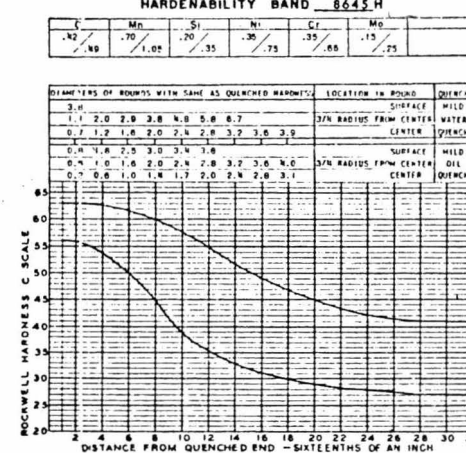
\*For forged or rolled specimens only.



HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES		
1/2" DISTANCE BETWEEN SPECIMENS OF AN INCH	RCM	
	MAX	MIN
1	63	56
2	63	56
3	63	55
4	63	54
5	62	52
6	61	50
7	61	48
8	60	45
9	59	42
10	58	40
11	56	37
12	55	36
13	54	34
14	52	33
15	51	32
16	49	31
18	47	30
20	45	29
22	43	28
24	42	28
26	42	27
28	41	27
30	41	27
32	41	27

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1500 °F  
 \*AUSTENITIZE 1500 °F

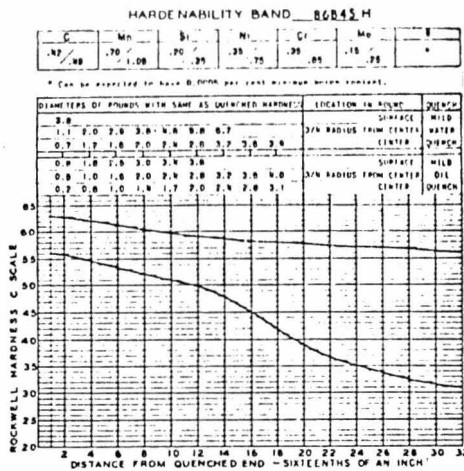
\*For forged or rolled specimens only.



HARDENABILITY LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES		
1/2" DISTANCE FROM QUENCHED END	HARDENABILITY BAND	
	MAX	MIN
1	83	80
2	82	79
3	81	78
4	80	77
5	79	76
6	78	75
7	77	74
8	76	73
9	75	72
10	74	71
11	73	70
12	72	69
13	71	68
14	70	67
15	69	66
16	68	65
17	67	64
18	66	63
19	65	62
20	64	61
21	63	60
22	62	59
23	61	58
24	60	57
25	59	56
26	58	55
27	57	54
28	56	53
29	55	52
30	54	51
31	53	50
32	52	49

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1600 °F  
 \*AUSTENITIZE 1550 °F

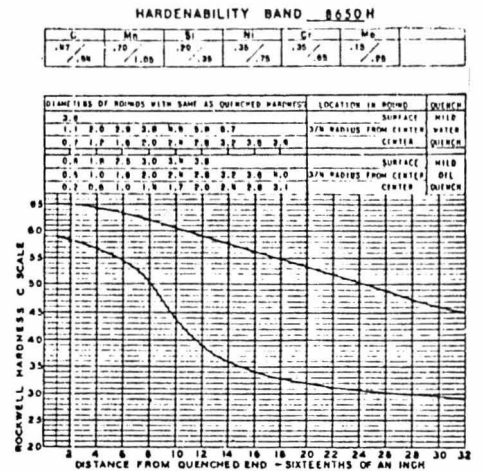
\*For forged or rolled specimens only.



HARDENABILITY LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES		
1/2" DISTANCE FROM QUENCHED END	HARDENABILITY BAND	
	MAX	MIN
1	85	80
2	85	80
3	85	80
4	84	80
5	83	80
6	83	80
7	83	80
8	82	80
9	81	80
10	80	80
11	80	80
12	80	80
13	80	80
14	80	80
15	80	80
16	80	80
17	80	80
18	80	80
19	80	80
20	80	80
21	80	80
22	80	80
23	80	80
24	80	80
25	80	80
26	80	80
27	80	80
28	80	80
29	80	80
30	80	80
31	80	80
32	80	80

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1600 °F  
 \*AUSTENITIZE 1550 °F

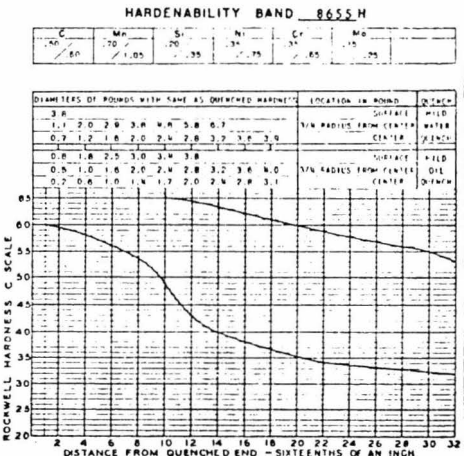
\*For forged or rolled specimens only.



HARDENABILITY LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES		
1/2" DISTANCE FROM QUENCHED END	HARDENABILITY BAND	
	MAX	MIN
1	60	57
2	59	56
3	58	55
4	57	54
5	56	53
6	55	52
7	54	51
8	53	50
9	52	49
10	51	48
11	50	47
12	49	46
13	48	45
14	47	44
15	46	43
16	45	42
17	44	41
18	43	40
19	42	39
20	41	38
21	40	37
22	39	36
23	38	35
24	37	34
25	36	33
26	35	32
27	34	31
28	33	30
29	32	29
30	31	28
31	30	27
32	29	26

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1600 °F  
 \*AUSTENITIZE 1550 °F

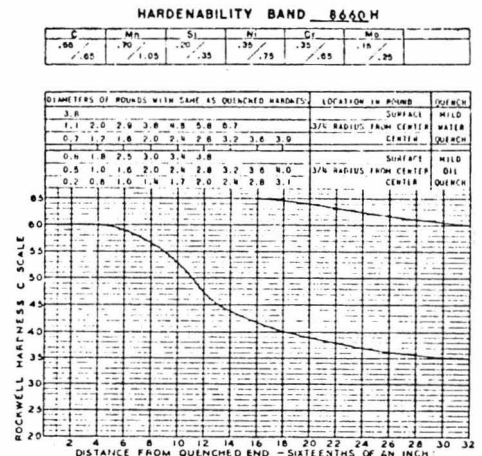
\*For forged or rolled specimens only.



HARDENABILITY LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES		
1/2" DISTANCE FROM QUENCHED END	HARDENABILITY BAND	
	MAX	MIN
1	60	57
2	59	56
3	58	55
4	57	54
5	56	53
6	55	52
7	54	51
8	53	50
9	52	49
10	51	48
11	50	47
12	49	46
13	48	45
14	47	44
15	46	43
16	45	42
17	44	41
18	43	40
19	42	39
20	41	38
21	40	37
22	39	36
23	38	35
24	37	34
25	36	33
26	35	32
27	34	31
28	33	30
29	32	29
30	31	28
31	30	27
32	29	26

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1600 °F  
 \*AUSTENITIZE 1550 °F

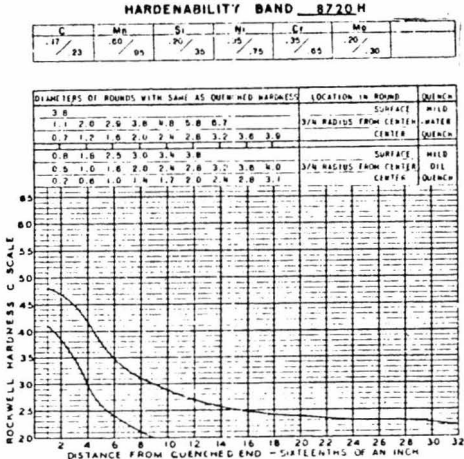
\*For forged or rolled specimens only.



HARDENABILITY LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES		
1/2" DISTANCE FROM QUENCHED END	HARDENABILITY BAND	
	MAX	MIN
1	48	41
2	47	40
3	46	39
4	45	38
5	44	37
6	43	36
7	42	35
8	41	34
9	40	33
10	39	32
11	38	31
12	37	30
13	36	29
14	35	28
15	34	27
16	33	26
17	32	25
18	31	24
19	30	23
20	29	22
21	28	21
22	27	20
23	26	19
24	25	18
25	24	17
26	23	16
27	22	15
28	21	14
29	20	13
30	19	12
31	18	11
32	17	10

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1700 °F  
 \*AUSTENITIZE 1700 °F

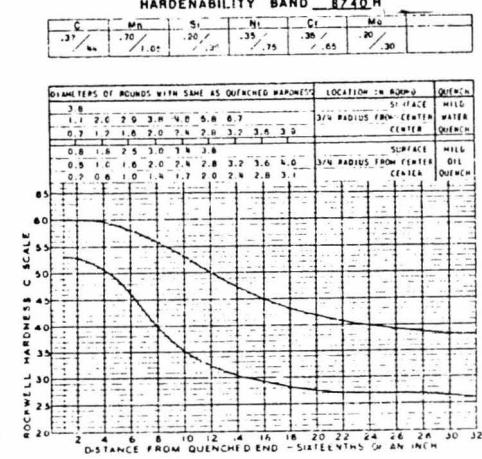
\*For forged or rolled specimens only.



HARDENABILITY LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES		
1/2" DISTANCE FROM QUENCHED END	HARDENABILITY BAND	
	MAX	MIN
1	60	53
2	60	53
3	60	53
4	60	53
5	60	53
6	60	53
7	60	53
8	60	53
9	60	53
10	60	53
11	60	53
12	60	53
13	60	53
14	60	53
15	60	53
16	60	53
17	60	53
18	60	53
19	60	53
20	60	53
21	60	53
22	60	53
23	60	53
24	60	53
25	60	53
26	60	53
27	60	53
28	60	53
29	60	53
30	60	53
31	60	53
32	60	53

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1600 °F  
 \*AUSTENITIZE 1550 °F

\*For forged or rolled specimens only.





HARDNESS LIMITS FOR SPECIFICATION PURPOSES		
1/2" DISTANCE BETWEEN SPECIMENS BY IN. TECH.	SHAWHARDNESS	
	MAX	MIN
1	50	43
2	48	40
3	46	38
4	44	36
5	42	34
6	40	32
7	37	29
8	35	27
9	34	26
10	33	25
11	32	24
12	31	23
13	30	22
14	29	21
15	28	20
16	27	19
17	26	18
18	25	17
19	24	16
20	23	15
21	22	14
22	21	13
23	20	12
24	19	11
25	18	10
26	17	9
27	16	8
28	15	7
29	14	6
30	13	5

HEAT TREATING TEMPERATURES RECOMMENDED BY SAE  
 \*NORMALIZE 1700 °F  
 \*AUSTENITIZE 1700 °F  
 \*For forged or rolled specimens only.

