

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

EMPLEO DE ALGUNOS MÉTODOS MODERNOS DE ENSAYO EN LA RECEPCIÓN DE HIERROS Y ACEROS

POR

D. DOMINGO MENDIZÁBAL

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (1).

APARATOS DE MEDIDA DEL DIÁMETRO.—Se han hecho numerosas y repetidas experiencias con uno y varios experimentadores para determinar, dados los aparatos usados, el error cometido en la lectura de la dimensión del diámetro de la impresión, y se ha llegado, con apreciaciones de centésimas de milímetro, al error del 2 por 100 que, traducido en unidades Brinell, representan tres, aproximadamente.

ERROR TOTAL.—Sumando los dos errores, así determinados, se llega á que el error total es de cuatro unidades Brinell, aproximadamente, pero considerando un límite superior, dejando margen muy suficiente para cualquier otro accidental se fija como máximo el de cinco unidades Brinell.

GRUPO 2.º c).—La influencia que en los resultados obtenidos puede tener la rapidez en llegar á la máxima presión en los aparatos ha sido comprobada y representada en la figura 6.ª, en la

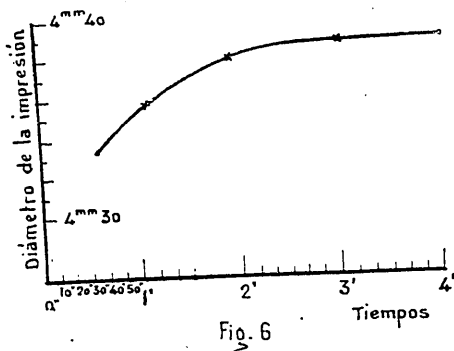


Fig. 6

que la curva dibujada es función de los diámetros y del tiempo empleado en llegar á la presión máxima, ó sea la normal de 3.000 kilogramos.

Se comprueba que tardando unos tres minutos en esta operación se llega al máximo diámetro de la impresión, luego puede aceptarse este tiempo como uniforme y reglamentario para esta operación.

(1) Véase el número anterior.

d) **DURACIÓN DE LA PRESIÓN MÁXIMA.**—Análogas experiencias se han realizado para determinar la influencia de la duración en la presión máxima, y en la figura 7.ª se representa la curva de

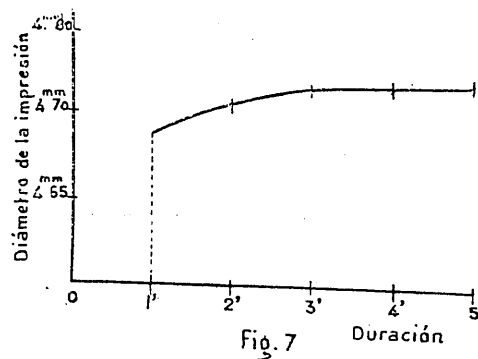


Fig. 7

los diámetros en función del mentado tiempo, deduciéndose de la misma que á los cinco minutos ya no aumenta sensiblemente el diámetro de la impresión.

Puede igualmente considerarse este tiempo como normal y uniforme para los ensayos.

e) **INFLUENCIA DE LA DIRECCIÓN DEL LAMINADO.**—En una pieza de acero laminado pueden hacerse los ensayos normal ó paralelamente al sentido de la laminación (fig.ª 8.ª).

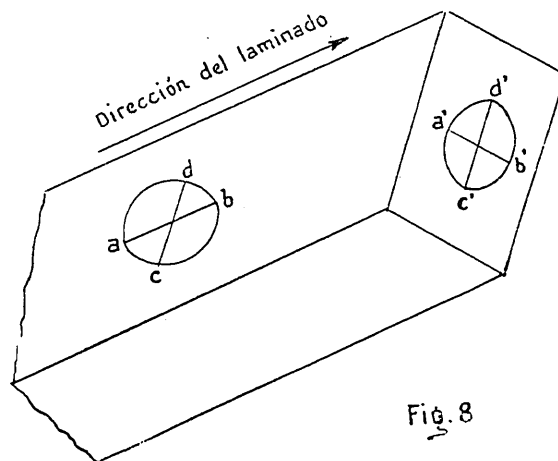


Fig. 8

En el cuadro que se inserta á continuación se han reunido ordenadamente los resultados de múltiples ensayos, y se indican para diversas clases de aceros las dimensiones de los diámetros de las impresiones, según se realicen en una ú otra forma, y

dentro de cada impresión, las diferencias importantes que se encuentran, según el diámetro que se considere:

CLASES DE ENSAYO	ACERO DULCE		ACERO SEMIDURO		ACERO DURO	
	Diámetro a b. mm.	Diámetro c d. mm.	Diámetro a b. mm.	Diámetro c d. mm.	Diámetro a b. mm.	Diámetro c d. mm.
Normal al laminado.....	5,31	5,32	4,64	4,67	4,30	4,31
	5,40	5,42	4,65	4,67	4,36	4,34
	5,35	5,37	4,62	4,64	4,18	4,29
	5,38	5,40	4,58	4,61	4,33	4,33
	5,30	5,33	4,55	4,55	4,31	4,32
	5,40	5,41	4,60	4,60	4,28	4,30
MEDIOS.....	5,36	5,37	4,61	4,62	4,30	4,33
	a' b'	c' d'	a' b'	c' d'	a' b'	c' d'
Paralelo al laminado.....	5,18	5,22	4,29	4,32	4,11	4,13
	5,12	5,14	4,30	4,31	4,07	4,09
	5,15	5,18	4,28	4,28	4,09	4,11
	5,07	5,12	4,32	4,33	4,10	4,12
	5,10	5,13	4,36	4,36	4,09	4,11
	5,14	5,14	4,30	4,30	4,10	4,10
MEDIOS.....	5,13	5,15	4,31	4,32	4,09	4,11

De su examen se deducen las siguientes observaciones:

1.^a Las impresiones realizadas normalmente al sentido del laminado son mayores que las efectuadas paralelamente á esta dirección, luego los números de dureza correspondientes á aquéllas serán menores que los que se deducen de éstas.

2.^a Dadas las diferencias existentes entre los diámetros de una misma impresión, hay que fijar para llegar á conclusiones concretas, cuál es el que hay que tomar ó si es la media de dos normales, etc.

En general, para las impresiones realizadas normalmente á la dirección del laminado, los diámetros paralelos á éste son menores (a b), así también para con los diámetros (a' b'), en las impresiones obtenidas paralelamente al laminado, situado en un plano normal al de las anteriores impresiones.

Se explican estas sistemáticas diferencias recordando también existen en la resistencia del material, motivadas por la estructura debida al laminado y acusadas en los ensayos de tracción.

Conviene, á la vista de todo lo indicado, insistir en la necesidad de que se fijen para los ensayos comparativos las mismas reglas que determinen el diámetro, así como las impresiones que deben efectuarse.

Como conclusión de todo lo expuesto, se llega á la posibilidad, procediendo uniformemente en los ensayos á anular los errores correspondientes á este segundo grupo, quedando únicamente los calculados como pertenecientes al primer grupo.

Estos han sido valuados en cinco unidades Brinell; luego dos impresiones realizadas en un mismo acero, no deben diferir más de 10 unidades de esta clase, suponiendo que en cada ensayo se haya cometido el máximo error, cada uno con signo distinto.

Es evidente que con la manera de operar ya detallada y sumar los errores, el encontrado, casi se puede asegurar, no se hallará nunca en la práctica, pues el error probable es mucho menor, pero para colocarse en el terreno adecuado para la recepción de aceros conviene más bien exagerar en el sentido apuntado, para que el método expuesto no inspire recelos á los fabricantes, si éste se aplicare é incluyere en los pliegos de con-

diciones, pues tal como va expuesto no se puede culpar al método, si los resultados obtenidos no son favorables.

Luego si se encuentran en estos ensayos diferencias mayores que la expresada, ya no deben atribuirse á ellos, sino á falta de homogeneidad del metal, punto interesantísimo que se tratará extensamente.

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE PROPORCIONALIDAD.—Utilizando todos los ensayos apuntados, se han deducido diferentes valores para el coeficiente, por el que debe multiplicarse el número de dureza para determinar el límite de resistencia, indicándose á continuación los resultados obtenidos:

CLASES DE ACERO	NORMAL AL LAMINADO		PARALELO AL LAMINADO		LÍMITE
	Δ	C	Δ	C	Resistencia. Kg. × mm ²
Extradulce.....	< 120	0,360	< 115	0,345	34 á 40
Dulce.....	120 < 160	0,355	115 < 155	0,342	40 á 55
Semiduro.....	160 < 180	0,353	155 < 175	0,337	55 á 65
Duro.....	> 180	0,349	> 175	0,321	65 á 75
Medias.....		0,354		0,336	
MEDIA TOTAL.....			0,345		

Si los datos anteriores se agrupan buscando el valor medio de los dos coeficientes de proporcionalidad correspondientes á las dos primeras clases de acero y luego á las dos últimas, se obtienen valores de 0,350 y 0,340 con el mismo valor medio total ya hallado de 0,345; los que recuerdan con bastante aproximación á los valores hallados por Dillner, antes mentados, de 0,351, 0,336 y 0,343.

ESTUDIOS DE MEYER.—El profesor de Berlín Von Meyer ha hecho un interesante estudio del método Brinell, aunque pecando algún tanto de teórico, partiendo de bases diferentes y llegando á consecuencias, casi de acuerdo con las de éste, defendiendo y recomendando algunas ligeras variaciones en la forma de realizar los cálculos, y, por lo tanto, llegar á los números definitivos; al terminar la exposición de este estudio se comparan ambos métodos y se justifican las consecuencias deducidas.

Parte Meyer de lo que denomina presión media (P_m) que se obtiene dividiendo la presión total P por la proyección sobre un plano normal á la dirección del esfuerzo, del círculo de la impresión.

$$P_m = \frac{P}{\frac{\pi}{4} d^2} \text{ en kilogramos por milímetro cuadrado.}$$

Considera el caso del ensayo Brinell como particular del estudiado por Foppl, para el contacto de dos esferas, en cuyo caso las curvas que ligan las cargas variables y las impresiones obtenidas están representadas por expresiones de la fórmula $P = \alpha d^n$ siendo α y n coeficientes variables.

Tomando logaritmos en esta fórmula queda:

$$\log P = \log \alpha + n \log d,$$

y representando gráficamente para cada metal estas curvas, se comprueba que son rectas que se confunden con el lugar geométrico de los puntos determinados, buscando los valores de los diámetros en función de las presiones.

Utilizando esta fórmula ha realizado Meyer su estudio, comenzando por averiguar la influencia del diámetro de la bola sobre el de la impresión y sobre la presión media.

Expresando la presión media en función del ángulo ϕ formado por los dos radios correspondientes á los bordes de la impresión, resulta:

$$d = D \sin \left(\frac{\phi}{2} \right),$$

luego

$$P_m = \frac{P}{\frac{\pi}{4} d^2} = \frac{P}{\frac{\pi}{4} D^2 \sin^2 \left(\frac{\phi}{2} \right)}$$

De esta fórmula se deduce que las presiones P , que para bolas de distinto diámetro producen iguales presiones medias, con

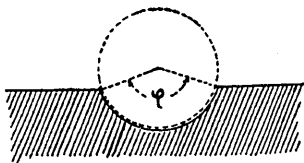


Fig. 9

igual ángulo de impresión varían con el cuadrado de los diámetros de aquéllas.

Si se toman dos bolas de diámetros D_1 y D_2 , se puede establecer:

$$P = \alpha_1 d^{n_1} = \alpha_2 d^{n_2}.$$

$$P_m = \frac{P}{\frac{\pi}{4} d^2} = \frac{4 \alpha_1 d^{n_1-2}}{\pi} = \frac{4 \alpha_1}{\pi} D^{n_1-2} \sin^{n_1-2} \left(\frac{\phi}{2} \right)$$

y si se suponen iguales las dos presiones medias se obtendrá:

$$\alpha_1 D_1^{n_1-2} \sin^{n_1-2} \left(\frac{\phi}{2} \right) = \alpha_2 D_2^{n_2-2} \sin^{n_2-2} \left(\frac{\phi}{2} \right)$$

Para que esta relación exista para cualquier valor de ϕ , es preciso que $n_1 = n_2$; en cambio, el valor de α varía con D ; si se conoce su valor para un determinado diámetro, podría deducirse

$$\alpha_1 = \alpha_2 \left(\frac{D_1}{D_2} \right) \quad (1)$$

Para todos los materiales en que $n > 2$, α aumenta con el diámetro de la bola, así como el de la impresión, tanto más cuanto mayor es n .

CONSECUENCIAS DE LA LEY $P = \alpha d^n$. — La constante α representa la carga que es precisa para producir una impresión de un milímetro de diámetro; se la puede expresar, por lo tanto, en kilogramo por milímetro cuadrado.

La presión media se puede expresar de la siguiente manera:

$$P_m = \frac{P}{\frac{\pi}{4} d^2} = \frac{4 \alpha}{\pi} d^{n-2} = \frac{P}{\frac{\pi}{4} \left(\frac{P}{\alpha} \right)^{\frac{2}{n}}} = \frac{4}{\pi} \alpha^{\frac{2}{n}} P^{\frac{n-2}{n}}$$

Para un material en que $n = 2$ la presión media ó dureza (según Meyer) es independiente del diámetro de la impresión y de la presión total y es igual para todas las cargas á $\frac{4 \alpha}{\pi}$, recordando la fórmula (1) queda $\alpha_1 = \alpha_2$, luego para este material la dureza es independiente del diámetro de la bola.

Para los cuerpos en que $n < 2$ la presión media disminuye con el aumento de diámetro de la impresión y de la presión total, cuanto más se comprime la bola más disminuye su dureza, aumenta para un mismo diámetro de impresión y una misma carga cuando el diámetro de la bola aumenta.

Para los metales en que $n > 2$ la dureza, de Meyer, aumenta con el diámetro de la impresión, tanto más cuanto mayor es n .

Si se comparan dos metales diferentes, si éstos tuvieran el mismo valor para n , se calificarían por α_1 y α_2 que son diferentes.

Para conservar las mismas cifras comparativas deberían hacerse los ensayos con un mismo diámetro d , ó con una misma presión P .

En el primer caso las durezas ó presiones medias estarían en la relación:

$$\frac{P_{m1}}{P_{m2}} = \frac{\frac{4}{\pi} \alpha_1 d^{n-2}}{\frac{4}{\pi} \alpha_2 d^{n-2}} = \frac{\alpha_1}{\alpha_2}$$

Como $\frac{P_1}{P_2} = \frac{\alpha_1 d^{n_1}}{\alpha_2 d^{n_2}} = \frac{\alpha_1}{\alpha_2}$ estas dos relaciones darían la de:

$$\frac{P_{m1}}{P_{m2}} = \frac{\alpha_1}{\alpha_2}$$

es decir, que las durezas estarían en la misma relación que los esfuerzos necesarios para producir impresiones de igual diámetro.

Si se comparan dureza para cargas igual

$$\frac{P_{m1}}{P_{m2}} = \frac{\frac{4}{\pi} \alpha_1^{\frac{2}{n_1}} P^{\frac{n_1-2}{n_1}}}{\frac{4}{\pi} \alpha_2^{\frac{2}{n_2}} P^{\frac{n_2-2}{n_2}}} = \left(\frac{\alpha_1}{\alpha_2} \right)^{\frac{2}{n}}$$

obteniéndose la relación independientemente de la carga escogida.

En los dos casos se deduce que las relaciones no dependen de otra cosa que de la naturaleza del metal ensayado y son independientes del diámetro y carga escogidos, todo esto siempre que n tenga el mismo valor para ambos.

Como esto no suele ocurrir, pues los valores de n varían entre 1,91 y 2,48, ó sea entre límites bastante extensos, veamos qué sucede en este caso, suponiendo primero que d es el mismo:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\alpha_1 d^{n_1-2}}{\alpha_2 d^{n_2-2}} = \frac{P_{m1}}{P_{m2}} = \frac{\alpha_1}{\alpha_2} d^{n_1-n_2}$$

La relación de las durezas varía con el diámetro, tanto más cuanto n es mayor que n_2 .

Para iguales cargas resulta:

$$\begin{aligned} \frac{P_{m1}}{P_{m2}} &= \frac{\frac{P}{\frac{\pi}{4} d_1^2}}{\frac{P}{\frac{\pi}{4} d_2^2}} = \frac{d_2^2}{d_1^2} = \frac{\frac{4}{\pi} d_1^{\frac{2}{n_1}} P^{\frac{n_1-2}{n_1}}}{\frac{4}{\pi} d_2^{\frac{2}{n_2}} P^{\frac{n_2-2}{n_2}}} = \\ &= \frac{\alpha_1^{\frac{2}{n_1}} P^{\frac{2}{n_1 n_2} (n_1 - n_2)}}{\alpha_2^{\frac{2}{n_2}}} \end{aligned}$$

La relación varía con la carga, pero estas variaciones son menores en este caso que en el anterior, consecuencia también de acuerdo con las recomendaciones de Brinell, de exigir las mismas cargas y no los mismos diámetros de impresión para comparar metales.

En resumen, para expresar la dureza según Meyer, hacen falta largas experiencias con diferentes presiones, bola y diámetro de impresión para determinar α y n .

RESUMEN. — Comparación de los números de dureza de Meyer y

Brinell.—Brinell toma como superficie de carga la del casquete esférico, y Meyer la proyección de éste en un plano (mucho más ajustado á la realidad lo primero); el número de aquél es menor que el segundo.

La relación es:

$$K = \frac{\frac{\pi D^2}{2} - \frac{\pi D}{2} \sqrt{D^2 - d^2}}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{D - D \sqrt{D^2 - d^2}}{d^2}$$

y su valor para diversos diámetros de impresión, son los siguientes:

$d =$	1	2	3	4	5	6	7	mm.
$K =$	1.000	1.014	1.027	1.044	1.070	1.112	1.197.	

Para pequeños diámetros la diferencia entre ambos números es insignificante, para diámetro mayor ya tiene importancia, pues llega al 4,4 por 100 para 4 milímetros y 16,7 por 100 para 7 milímetros.

Resumiendo todo lo expuesto, se deduce que el sistema Brinell tiene un carácter práctico extraordinario comparándole con el de Meyer, pues para operar con éste es preciso, como antes se ha indicado, experiencias previas comparativas para determinar el valor de los coeficientes, que una vez conocidos permiten determinar el número de dureza ó presión media, no resultando de inmediata aplicación como aquél, por no utilizarse para conocer el límite de resistencia á la rotura y, sobre todo, que para la principal ventaja que del método Brinell se saca, cual es el conocimiento de la homogeneidad de una pieza fabricada (punto que todavía no he tratado), no se obtienen datos tan concluyentes, puesto que la deducción de los coeficientes exigiría en la misma las experiencias ya citadas, lo que resultaría largo, y en varios casos impracticable, en tanto que con el método Brinell cada número deducido da idea de las condiciones del metal ensayado.

Como ya se había expresado, el método Meyer tiene carácter más apropiado para experiencias de laboratorio que para ser llevado á la práctica de la recepción de material.

TEORÍAS DE KURTH.—Kurth, Director del Laboratorio de ensayos de la Real Escuela Superior Técnica de Berlín, ha estudiado asimismo el ensayo Brinell, basándose en los mismos principios de Meyer, con la excepción, de no admitir que el coeficiente (n) de aquella fórmula sea constante para un mismo metal.

Argumenta diciendo que tanto en el ensayo ordinario de tracción como en el de bola, el estado del metal ó cuerpo ensayado varía constantemente de un instante á otro, durante los ensayos, como consecuencia de la tensión experimentada en el primero y deformación de su sección, así como la variación de forma en el segundo por la presión uniforme que reparte la bola.

El valor de n es variable para cada estado momentáneo del metal, y no puede existir constancia en el coeficiente deducido por Brinell para pasar de uno á otro ensayo.

Explica, sin embargo, la casi constancia de los coeficientes deducidos por Brinell, Charpy, Dillner, la que no puede negar, y que á él mismo le resulta, para ensayos análogos por él practicados, diciendo que cuanto mayor es la presión sufrida por la bola y mayor, por lo tanto, el diámetro de la impresión, más se aproxima el estado momentáneo del de el metal en este ensayo al final en el ensayo de tracción, en cuyo estado final deben coincidir sus coeficientes en todos los ensayos, por ser el mismo el estado del metal.

En cambio, afirma que la influencia del estado momentáneo sobre el valor del coeficiente ó dureza es tanto mayor cuanto

más al comienzo del ensayo se encuentra ó menor sea la presión é impresión, por estar muy alejado del estado final.

Corroboran estas observaciones las precauciones recomendadas por Brinell para emplear presiones elevadas.

TRABAJOS DE H. MOORE.—Este conocido Ingeniero de las fábricas metalúrgicas de Woolvich (Inglaterra) se ha preocupado, al estudiar este ensayo, especialmente de su parte práctica ó de aplicación después de haber llegado á coeficientes y datos análogos á los de Benedicks.

Sus experiencias más salientes, de las que deduce reglas prácticas para la realización del ensayo, se refieren al *espesor mínimo* de las probetas, así como á la *distancia mínima de la impresión al borde de aquélla*.

Respecto al primer punto indica que cuando la profundidad de la impresión es $\frac{1}{10}$ del espesor de la probeta, se nota en la cara inferior de ésta y debajo de aquélla un alisado y brillo en una superficie algo mayor que la de aquélla; si la profundidad pasa de $\frac{1}{7}$ del espesor, entonces se deforma dicha cara inferior, formándose un saliente en correspondencia con la impresión, produciéndose una alteración en la forma de aquélla que dificulta la toma de datos y quizá modifique la naturaleza del metal.

Recomienda como límite inferior práctico para el espesor el de 10 veces la profundidad aproximada que haya de tener la impresión.

Respecto al segundo punto, ha deducido de varios ensayos que el centro de la impresión no debe estar á menos de $2\frac{1}{2}$ veces su diámetro del borde de la probeta.

SIMPLIFICACIONES PARA LA APLICACIÓN DEL SISTEMA.—Revillon ha encontrado el modo de estudiar unos ábacos que simplifican en extremo la aplicación del sistema.

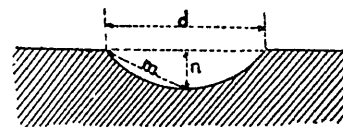


Fig. 10

Según las nomenclaturas de Brinell:

$$R = C \cdot \Delta = C \cdot \frac{P}{a} = C \frac{P}{\pi m^2} = \frac{C \cdot P}{\pi} \cdot \frac{1}{m^2}$$

$$\log R = \log C + \log \frac{P}{\pi} - \log m^2$$

$$\log R + \log m^2 = \log C + \log \frac{P}{\pi}$$

Como $P = 3.000$ kilogramos, $\log \frac{P}{\pi} = 2,979$, conociendo d ó h se conoce m , y, por lo tanto, $\log m^2$.

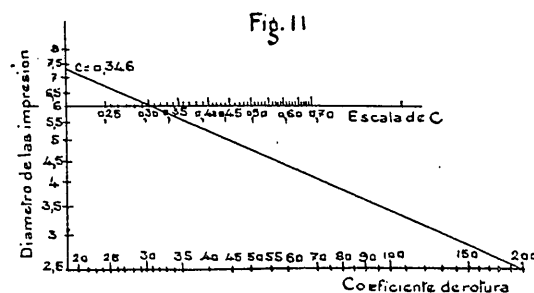


Fig. 11

Llevando á un sistema de coordenadas logarítmicas en abscisas las cantidades correspondien á $\log R$ y anotando en los puntos marcados los valores de R , y en ordenadas los valores de $\log m^2$, anotando los de d , la curva que enlaza R y d , que es una recta (fig. 11) ocupa la posición correspondiente á la clase del metal ó sea al valor de C .

En dicha figura se representa la mentada recta para el valor típico de Brinell, $C = 0,346$.

La citada recta se moverá paralelamente á sí misma, según el valor de C y de acuerdo con la escala elegida para éste.

Con estos ábacos es bien fácil obtener todos los datos necesario para determinar la dureza.

GRENET.—Grenet ha estudiado también la forma de facilitar el ensayo sobre todo en casos en los que no es precisa una gran exactitud, valiéndose del método indirecto ó comparativo.

Utilizando una prensa cualquiera, que pueda desarrollar la presión de 3.000 kilogramos, se comprime una bola de ensayo de 10 milímetros entre dos probetas, una del metal que se desea ensayar y otra de un metal de dureza conocida.

Podría determinarse la dureza midiendo la superficie de las impresiones, que estarán en razón inversa de las durezas respectivas, pero en vez de este procedimiento algo largo, es más sencillo el siguiente:

Si la dureza del metal tipo es Δ y en el ensayo comparativo se ha medido en el mismo un diámetro d que corresponda, según la tabla de dureza, á una Δ' , y si sobre el metal á ensayar se ha producido una impresión de diámetro d' correspondiendo á una dureza Δ'' se puede deducir, siguiendo las indicaciones expuestas á continuación, el valor absoluto de la dureza del cuerpo que se ensaya:

METALES	Tipo.	Ensayado.
<i>Experiencia.....</i>		
{ Dureza absoluta.....	Δ	φ
{ Dureza relativa.....	Δ'	Δ''
{ Diámetro.....	d	d'
$\varphi = \Delta \frac{\Delta''}{\Delta'} = \Delta \frac{d^2}{d'^2}$		

Siguiendo este procedimiento se simplifica mucho las operaciones del ensayo, y con una prensa cualquiera, el metal tipo y la tabla de durezas se pueden obtener las durezas de todos los cuerpos.

Se han hecho por Grenet ensayos múltiples para determinar los números de dureza de varios cuerpos, directa ó indirectamente, obteniéndose números que difieren pequeñas cantidades en general, siendo sólo para un ensayo dicha diferencia el de 11 unidades Brinell.

Estudio de homogeneidad.

La más importante aplicación quizá del método Brinell es la determinación de la homogeneidad de los cuerpos sometidos al ensayo, homogeneidad naturalmente superficial, puesto que su efecto no penetra en las impresiones más que en una pequeña capa superficial.

Especialmente en los cuerpos manufacturados tiene importancia esta aplicación del ensayo, que permite comprobar dicha homogeneidad en todos sus puntos, cosa imposible de lograr con el ensayo de tracción, no sólo porque no es cosa de destrozar un cuerpo ya terminado, sino también porque aunque las probetas se hagan muy pequeñas (Fremont) nunca permiten multiplicar los ensayos como con el método Brinell.

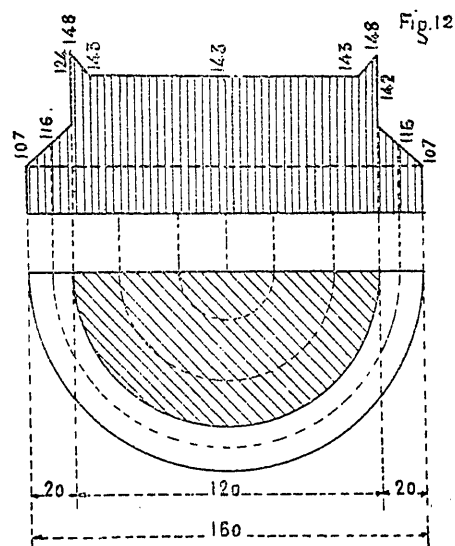
No hay, por tanto, que esforzarse mucho para comprender la importancia del ensayo de esta forma practicada.

Cuando en varios puntos ensayados en un mismo material se obtienen resultados en unidades Brinell, que difieren más de 10 unidades, cantidad que antes se dedujo como valor máximo del error que podía cometerse, esto nos indica que en los puntos ensayados no hay homogeneidad.

Para el ensayo de la homogeneidad en la masa que constitu-

yen los cañones, en los que tanta importancia tiene aquella cualidad, es empleado el sistema con excelente resultado en Francia ó Inglaterra.

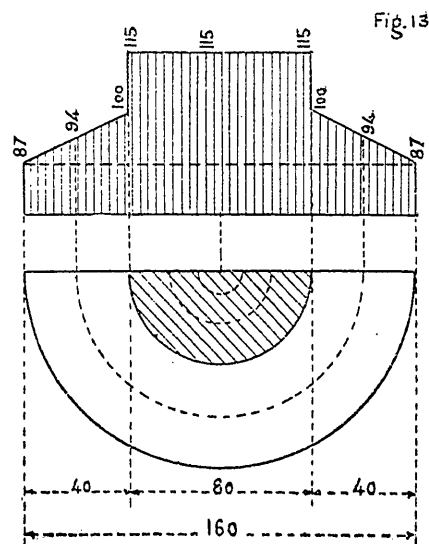
En las figuras 12 y 13 se representan en planta dos semiseciones de dos lingotes estudiados por Ast, realizando en sus ca-



bezas múltiples impresiones Brinell, y llevando en ordenadas longitudes proporcionales á los números obtenidos para dibujar los diagramas representados en las mismas figuras sobre las mentadas plantas.

Los números obtenidos del mismo valor corresponden en general á impresiones concéntricas, como debe ocurrir si el enfriamiento de la masa es regular y uniforme.

Estos dibujos dan idea de que probetas obtenidas del mismo lingote dan resultados diferentes á la tracción, según el lugar que aquéllas ocuparen.



Para ensayos rápidos de carriles, tanto en su cabeza como en el alma y patín, convendría emplear el procedimiento, que daría resultados muy interesantes al comprobar la existencia ó falta de homogeneidad de la masa.

Piezas de máquinas, elementos de construcción, etc., etc., son cuerpos cuya homogeneidad tiene verdadera importancia.

Máquinas y aparatos empleados para el ensayo.

Muchos tipos de aparatos han sido estudiados y construídos por las casas especialistas, basados en principios diferentes y aun con disposiciones distintas para los proyectados sobre el mismo principio.

Aunque la mayor parte de ellos han dado resultados favorables, fijándose en el carácter práctico del ensayo me limitaré a describir algunos pocos.

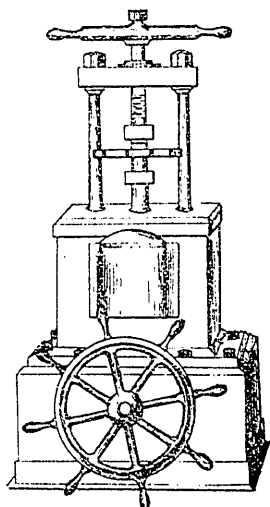


Fig. 14

En primer término se describen los empleados por Brinell, que aunque ya anticuados, dado su carácter histórico conviene conocerlos.

PRIMER GRUPO: MÁQUINA BRINELL.—En la figura 14 se representa este aparato de compresión, compuesto de dos placas horizontales, entre las que se introduce la bola y probetas, produciéndose la presión moviendo por un volante horizontal la superior de aquéllas por intermedio de un tornillo vertical, en tanto que la inferior, que descansa sobre un sistema de resortes, acusa la presión en un manómetro de cuadrante.

Es muy sencillo, aunque algo imperfecto, y ha sido sustituido por otros más perfeccionados.

MÁQUINAS GUILLERY.—Esta máquina es una de las más perfeccionadas y mejor estudiadas.

En la figura 15 se representa en alzado y sección para el ensayo normal, es decir, con bola de 10 milímetros de diámetro y presión de 3.000 kilogramos.

Una pieza de fundición hueca tiene dispuestos en su parte inferior y superior los elementos necesarios para el ensayo.

En su parte inferior un conjunto de anillos Belleville (A) graduados antes de introducirse en el aparato permiten llegar a aquella presión; reposan sobre una palanca acodada (B), apoyada a su vez en un cuchillo fijo (C) y relacionada con la palanca exterior de maniobra (D); produciendo el movimiento oportuno de ésta, se desarrolla la presión para que están graduados aquéllos.

La parte superior del aparato permite el paso de un tornillo

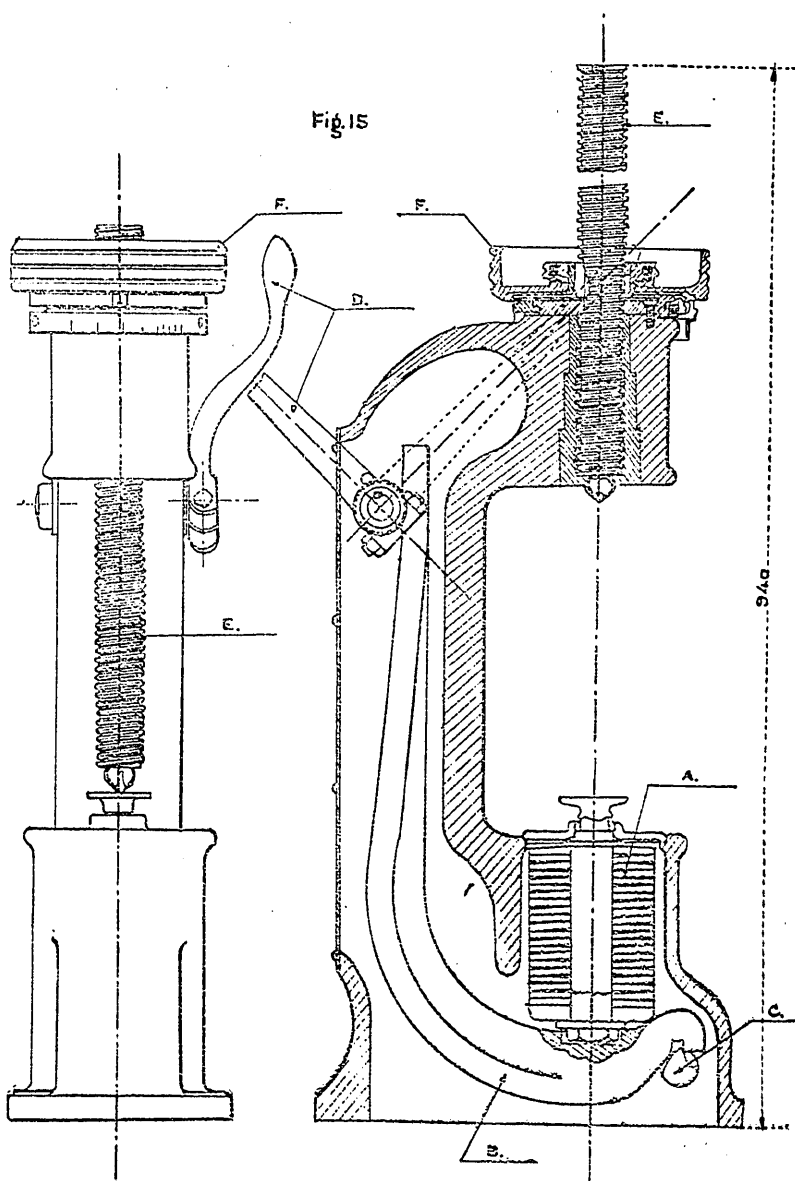


Fig. 15

Se dividen en dos grupos:

- 1.º Aparatos que producen la impresión.
- 2.º Aparatos que miden las dimensiones de la impresión.

(E), portabola, estando su tuerca labrada en un manguito introducido en la misma pieza de fundición, recibiendo movimiento de rotación por intermedio de un volante (F), que en el sentido

de descenso puede cesar de transmitir el movimiento helicoidal del tornillo, limitándose á girar, y en su elevación sólo tiene el primer movimiento.

Acompañando al volante en su movimiento hay un índice que se mueve sobre una escala cilíndrica fija colocada en la parte superior de la máquina, la que directamente da por las lecturas de sus indicaciones el número de dureza medido.

Para operar se coloca la pieza que se desea ensayar sobre la placa inferior, y girando el volante se coloca la bola en contacto con la misma; tan pronto el tornillo encuentra en su movimiento dificultad, cesa el volante de producir descenso de la bola, girando, sin embargo, en vista de la disposición indicada, haciendo mover el índice sobre la graduación hasta que se coloca en el cero ó en un punto conocido como referencia.

Se mueve la palanca (D), obran los anillos Belleville elevando el cuerpo á ensayar y clavándole en la bola, la que se introduce en aquél lo que permite su dureza.

Se vuelve la palanca á su posición normal, se mueve el volante hasta restablecer el contacto, introduciéndose la bola nuevamente en la impresión, habiendo descendido ésta la profundidad de aquélla; en este momento el volante volvería á girar sin

arrastrar al tornillo, lo que indica ha llegado al fondo de la impresión, midiéndose entonces en la graduación cilíndrica el número de dureza correspondiente al diámetro ó profundidad de impresión, cuya graduación es sencilla de establecer, puesto que todos los ensayos se hacen en idénticas condiciones.

Este aparato puede disponerse, si se quiere ensayar piezas muy pesadas, como elementos de máquinas, carriles, etc., en forma que la dirección de la presión sea horizontal ó inclinada, según convenga, con objeto de que los discos *Belleville* no tengan que contrarrestar además el peso del cuerpo ensayado, operando en una disposición parecida á la de las remachadoras portátiles, á las que se puede mover y hacer tomar la posición que se desee.

También podrían graduarse los anillos de forma que pudiesen desarrollar la presión de 3.000 kilogramos; esto sólo convendría hacerlo cuando todos los cuerpos ensayados tuvieran el mismo peso, pues si no habría que cambiarlo para cada pieza que se sometiese al ensayo.

Este aparato da directamente el número de dureza y evita el empleo de los necesarios para la medición y lectura de las dimensiones de la impresión.

(Continuará.)

Revista de las principales publicaciones técnicas.

Torres refrigerantes de aguas de condensación, sistema Ch. Bourdon.

Con este título publica M. Ch. Dantin, en *Le Génie Civil*, un artículo, del cual hacemos un resumen en esta nota.

Empieza el autor por hacer algunas consideraciones generales sobre esta clase de torres y dice que desde que las aplicaciones de la electricidad se han generalizado en todas las industrias, la importancia de las fábricas productoras, lo mismo que la de las instalaciones industriales de todas clases, ha seguido una progresión creciente á causa de la cual las cantidades de agua de que se debe disponer para la condensación en las máquinas de vapor ó para el enfriamiento de los cilindros de los motores de gas ó para otros usos análogos son á menudo considerables. También los procedimientos que se han ideado, hace ya bastante tiempo, para enfriar el agua que ha servido para estos diversos usos y para utilizarla de nuevo, se han perfeccionado y reciben en la actualidad muy numerosas aplicaciones.

Los aparatos de origen alemán, que han sido adoptados con más frecuencia, son importantes construcciones de madera, que llevan encima chimeneas de gran sección, cubriendo por completo unas cubas de mampostería en las cuales se recoge el agua enfriada. La parte que forma la base de la chimenea encierra un zarzo sobre el cual una red de regueras, también de madera, cuyas paredes están taladradas por agujeros, reparten el agua que ha de enfriarse.

El tiro de la chimenea produce una circulación de aire muy activa á través del zarzo, que divide el agua en chorros muy delgados y le ofrece una gran superficie de evaporación. Una cierta fracción de esta agua, tomando entonces á la masa la cantidad de calor que le es necesaria para evaporarse, baja su temperatura al grado deseado, siempre, claro es, que el aparato tenga las proporciones que exige el volumen empleado. La rebaja es, en general, de 15 á 16 grados cuando el agua sale del condensador á 50 grados próximamente. El enfriamiento es bastante para que al emplear de nuevo esta agua dé un vacío normal.

Lo más frecuente es que, para reducir los gastos de primer establecimiento, se adopte la construcción de madera. Desde el punto de vista del enfriamiento no hay en esto inconveniente alguno, pero es evidente que sí lo hay desde el punto de vista de la duración de los aparatos. A pesar de la preparación especial á la cual se somete, tanto la madera empleada para la ejecución de la chimenea y de su base como la que sirve para la construcción de la reguera y del zarzo, el contacto del agua caliente y del barro determina una destrucción bastante rápida de todo este conjunto. Además, cuando los deterioros comienzan á producirse, es muy difícil remediarlos, sobre todo en lo que se refiere al zarzo, al que la base de la chimenea envuelve por completo. Esta disposición hace también casi imposible la limpieza de esta importante parte del aparato.

Así como acaba de explicarse, el aire, al subir á través del zarzo, se calienta y se satura de humedad por su contacto con el agua que está muy dividida y cae casi en forma de lluvia. En principio, este aire debería, por lo tanto, cargarse simplemente de una cierta cantidad de vapor de agua que, estando en este estado, se dispersaría en la atmósfera por la boca de la chimenea. En realidad, la corriente de aire, que tiene una gran velocidad ascensional, arrastra también una gran proporción de gotitas líquidas, y éstas, al caer sobre los edificios de la fábrica ó sobre las casas próximas, causan á menudo deterioros.

Cuando hay ráfagas de viento violentas se producen también al exterior, por el espacio reservado á la entrada del aire en la parte inferior de la base de la chimenea, proyecciones de agua contra las cuales es bastante difícil defenderse. En fin, la instalación de estos aparatos exige grandes solares.

Estos inconvenientes—dice M. Ch. Dantin—parece que se evitan con una nueva disposición de torre refrigerante que ha ideado recientemente M. Ch. Bourdon, Profesor honorario de la Escuela Central de Artes y Manufacturas, y que acaba de tener una importante aplicación en la fábrica de electricidad de Mónaco.

La Sociedad de electricidad de Mónaco, al estudiar la instalación que le obligaba á hacer el servicio de sus máquinas, se ha-