

puede dar lugar á duda, que el error cometido con un instrumento de observación seguirá la ley de Gauss si al hacerla se han satisfecho las condiciones siguientes:

1.ª Debe ser la resultante de un gran número de errores parciales é independientes.

2.ª Cada uno de estos errores parciales debe ser muy pequeño.

3.ª Para los errores parciales la probabilidad de un error positivo debe ser la misma que la de un error negativo, de igual valor absoluto.

Con estas reservas, son indiferentes las leyes de frecuencia que sigan los errores elementales.

En resumen: con la condición de no contar como errores accidentales más que los que cumplan con las condiciones anteriores, la ley de Gauss puede considerarse como rigurosamente demostrada.

FERNANDO GARCÍA ARENAL.

(Continuará.)

CONGRESO DE CIENCIAS DE VALENCIA

ESTUDIO DE ALGUNOS ACEROS ESPECIALES

NOTA PRESENTADA EN LA SECCIÓN DE CIENCIAS APLICADAS

POR

DOMINGO MENDIZABAL

Ingeniero de Caminos.

(CONCLUSIÓN)

Aplicaciones del acero al níquel.

Las condiciones especiales de este acero, así como sus propiedades para la fabricación, hacen que sus principales aplicaciones sean las chapas que se desean que con poco espesor tengan grandes resistencias al choque.

Así los blindajes para barcos se hacen generalmente de los aceros al níquel cromados y las pantallas y protecciones de la artillería, que con poco espesor y peso han de ofrecer gran resistencia á los proyectiles modernos para cubrir los sirvientes de las piezas.

Asimismo los grandes cañones, que á tan enormes esfuerzos se encuentran sometidos, se construyen de este material.

También se emplean en grandes ejes de máquinas.

El acero con 36 por 100 de níquel, que tiene un coeficiente de dilatación inferior al quinto del platino iridiado y que toma brillo muy fuerte, se emplea en construir reglas y aparatos de precisión.

Precio de adquisición.

Por regla general, se calcula como base para la redacción de presupuestos de piezas de este material que el valor del kilogramo de este acero es 3,50 el del acero ordinario.

Decimos, como en los aceros al manganeso, que este sobrepeso es compensado por el exceso de resistencia que permite ahorrar material y por la gran seguridad que se logra con este acero en sus diversas aplicaciones.

Aceros al silicio.

Siguiendo el mismo criterio que en los dos aceros que anteriormente se han estudiado, diremos algo de la influencia del silicio en pequeñas dosis en las propiedades de los aceros ordinarios para pasar luego al estudio de los aceros con grandes dosis de silicio.

Textura.—Aunque hace más pequeño el grano no influye tanto como el carbono, mejorándose la calidad del acero.

Maleabilidad y ductibilidad.—También en estas propiedades influye menos el silicio que el carbono.

Cuando en un acero con débiles dosis de carbono se tiene el silicio en proporción mayor que 5,5 por 100 existe el peligro de que se haga *ruverino*; para evitarlo conviene que el acero contenga en muy pequeñas dosis algo de manganeso, pudiéndose entonces llegar á dosis de 7 y 9 por 100.

Soldabilidad.—Influye en esta propiedad de muy diverso modo según se haya incorporado á la masa en el momento de su preparación ó á fin de la operación.

En el primer caso el acero puede contener una buena dosis de silicio sin que su soldabilidad se altere, mientras que en el segundo grado una muy pequeña parte de silicio hace la soldadura imposible á causa del oxígeno que entonces tiene la masa de hierro descarburado.

Dureza.—Aumenta con este cuerpo, pero mucho menos que con el carbono; se atraviesa con facilidad con una barra de acero con ferrosilicio al 16 por 100; se coloca en el grado 5,5 de la escala mineralógica de dureza, ó sea entre la apatita y el feldespato.

Pasemos á los aceros que nos interesan.

En 1888 la fábrica de Creusot comenzó á ensayar la fabricación de aceros al silicio, que aplicaba á la preparación de chapas de 15 mm. para pantallas de cañones.

La fábrica de Imphy ejecutó análogos ensayos, preparando chapas de 5 á 7 mm., que presentaba una textura muy nervosa y que resultaron muy resistentes, poco frágiles y muy elásticos.

La fábrica de Saint Etienne preparó en 1893 para el acorazado *Charner* palastros de acero endurecido, que presentaban una dosis muy elevada de silicio, llegando hasta 0,40 por 100.

Los buenos resultados obtenidos animaron á la fábrica de Imphy á ejecutar ensayos de aceros con grandes dosis de silicio, preparando hierros redondos forjados.

Asimismo se prepararon flejes y planos propios para resortes aprovechando sus buenas condiciones de elasticidad.

Puntos críticos.

Digamos algo acerca de los puntos críticos en estos aceros, aunque poco tiene que ser, pues es difícil reconocer la acción directa del silicio sobre los mismos por existir siempre con dicho cuerpo el manganeso, según se indica anteriormente.

Parece, sin embargo, que las curvas de enfriamiento obtenidas en aceros en que la proporción de manganeso era muy débil con relación á la del silicio, permiten dar algunas explicaciones sobre los mismos.

En los aceros muy siliciosos el punto A_1 tiende á subir y aproximarse á la posición normal que ocupa en el hierro puro, ó sea 855 grados.

Á medida que la proporción de silicio aumenta, el retraso del enfriamiento en el punto A_2 queda menos perceptible y

no se puede precisar cuando la dosis llega á 2 por 100.

El silicio produce el efecto de retardar y hasta impedir las transformaciones del hierro durante el caldeo.

El punto A_3 tiende á descender algo de 730 grados á 710 grados.

Cuando sigue aumentando la dosis de silicio, el punto A_1 se eleva y coincide con el punto A_2 .

Para dosis variando de 0,2 á 4 por 100 el punto de recalcencia pasa de 660 grados á 710 grados.

Estudio micrográfico.

Análogamente á lo hecho en los otros aceros haremos una ligera reseña de las propiedades micrográficas de estos aceros.

Los aceros generalmente estudiados pertenecen á dos series distintas; la primera se refiere á los aceros poco carburados, y la segunda á los muy carburados, que están próximos al acero eutéctico.

PRIMERA SERIE

Carbono.	Silicio.	Manganeso.
0,205	0,409	0,717
0,117	1,600	0,275
0,216	7,170	0,450
0,350	13,900	0,562
0,277	25,500	0,674
0,249	29,100	0,643

SEGUNDA SERIE

Carbono.	Silicio.	Manganeso.
0,878	0,433	0,730
0,968	2,090	0,407
0,803	7,310	0,505
1,036	14,100	0,590
0,539	20,370	0,735
0,431	26,380	0,758

Dividiremos el estudio considerando los aceros de forja y los recocidos y los aceros templados.

ACEROS DE FORJA.—*Primera serie.*—Los aceros conteniendo de 0,5 á 7 por 100 de silicio tienen estructura perlítica.

Cuando llega á 8 por 100 aparecen manchas blancas rodeadas de puntos negros constituidos por grafito; atacando por los ácidos aparece la perlita.

Los que contienen de 8 á 9 por 100 no tienen nada de perlita, presentan superficies blancas rodeadas de grafito.

Hasta 14 por 100 de silicio presenta una constitución homogénea.

De esta dosis en adelante presentan los aceros grandes cristales rodeados de una masa en que aparece el grafito.

Segunda serie.—Se puede hacer una clasificación análoga, demostrándose así que en estos aceros el carbono tiene muy poca influencia, en tanto que el silicio hace variar la constitución de los mismos.

ACEROS RECOCIDOS.—Los aceros perlíticos se alteran considerablemente con el recocido á temperatura elevada; los demás aceros al silicio no sufren transformación.

Si se realiza el recocido á 950 grados, veamos su influencia según el tiempo que esta operación se ejecute.

Á las seis horas empiezan á aumentar los granos de tamaño.

Á las veinticuatro horas desaparece la perlita y comienza á aparecer el grafito.

Á las cuarenta y ocho horas aparecen manchas blancas rodeadas de grandes masas de grafito.

Á los ocho días, el acero al silicio no contiene carbono alguno combinado.

Si el recocido se ejecuta á 1.200 grados, no hacen falta más que doce horas para que todo el carbono se haya transformado en grafito.

La influencia del silicio en esta transformación puede expresarse de la siguiente manera:

La separación del grafito comienza á temperatura tanto más baja cuanto la dosis de silicio es más elevada.

La separación del grafito, una vez comenzada, se continúa á temperaturas inferiores á la que se comienza la reacción.

Á temperatura constante, la separación del grafito se efectúa progresivamente con una velocidad tanto más pequeña cuanto la temperatura es más baja y la dosis de silicio menos elevada.

ACEROS TEMPLADOS.—Los aceros de estructura perlítica experimentan las mismas transformaciones que los aceros al carbono.

Los aceros que presentan todo el carbono en forma de grafito no sufren alteración alguna.

En cuanto á los que contienen grafito y perlita, presentan después del temple alguna *martensita*.

Propiedades mecánicas.—En el adjunto cuadro se indican los resultados obtenidos en todos los ensayos mecánicos practicados:

ENSAYOS MECÁNICOS DE ACEROS AL SILICIO

SERIES	DOSIS DE		ACEROS DE FORJAS						ACEROS TEMPLADOS					
	Carbono.	Silicio.	ENSAYOS DE TRACCIÓN				Ensayos de fragilidad. — Método Fremont.	Ensayos de dureza. — Método Brinell.	ENSAYOS DE TRACCIÓN				Ensayos de fragilidad. — Método Fremont.	Ensayos de dureza. — Método Brinell.
			R	E	A	Σ			R	E	A	Σ		
%	%													
1.ª serie.—Poco carburados.....	0,208	0,409	60,2	45,2	17	57,2	6	153	83,8	50,9	9,0	28,5	6	223
	0,209	0,932	58,7	37,6	15	59,2	7	146	73,8	41,5	0,5	41,5	13	262
	0,117	1,600	56,5	45,2	16	63,9	8	159	73,0	64,0	8,0	24,5	11	196
	0,277	5,120	61,7	52,6	0	0	0	248	62,7	52,7	0,0	0,0	3	311
2.ª serie.—Muy carburados.....	0,878	0,433	115,2	62,5	5,5	10,4	2	302	121,9	97,7	13	8	5	555
	0,835	1,156	103,9	62,5	4,5	10,4	4	293	141,3	141,3	5	7,5	4	555
	0,968	2,090	105,4	76,5	3,0	0,0	3	277	132,7	132,7	11	9	4	578

Se ve que en los aceros de la primera serie de los forjados la carga de rotura y el límite de elasticidad son más elevados que en los aceros al carbono con igual dosis de este cuerpo; no crecen, sin embargo, con las dosis de silicio.

Los alargamientos decrecen, y es digno de notarse que cuando llega al 5 por 100 el silicio, estos coeficientes se aumentan por la influencia del grafito.

En la segunda serie se observa poca influencia de la dosis de silicio; pero todos estos aceros tienen una carga de rotura y coeficiente de elasticidad superiores á las de los aceros ordinarios.

En los ensayos al choque se observan que no existen en estos aceros grandes resistencias, aumentándose cuando aparece el grafito.

Por lo que á la dureza se refiere, siempre es algo mayor que en los aceros al carbono.

En los aceros templados nos encontramos resistencias mayores que en los aceros ordinarios.

El acero que contiene 5 por 100 de grafito no experimenta variación en sus propiedades al templarlo.

Este acero es menos frágil que antes de templarse.

Fabricación.—Se obtienen estos aceros al crisol sin dificultad.

Su obtención en el horno Martín-Siemens no está bien experimentada todavía por lo que se refiere á la obtención de grandes lingotes.

Se emplean soleras ácidas y se añade el ferrosilicio lo más tarde posible, cuando la carga está suficientemente afinada para obtener acero dulce con una resistencia de 42 kilogramos; en ese momento se detiene el afinado, proyectando sobre la superficie polvo de carbón de cok y se introduce el ferrosilicio necesario para darle la dosis deseada.

Cuando la fusión es completa se procede á la colada sin otra adición.

Para realizar el temple y recocido se encuentran grandes dificultades en la práctica, sobre todo en piezas de gran tamaño.

Con mucha frecuencia ocurre que al realizar el temple, salta y se parte la pieza templada produciendo una verdadera detonación, proyectándose á larga distancia los pedazos.

Las piezas pequeñas, en cambio, se templan perfectamente, y si después se practica un recocido á la madera, se obtiene una notable elasticidad en el acero.

El temple hay que hacerle al rojo cereza, manteniendo las piezas en el agua hasta que tengan más temperatura de 300 grados, y entonces es cuando se debe practicar el recocido.

La superficie de fractura se presenta sedosa con grandes fibras alargadas.

Aplicaciones.—La principal aplicación de estos aceros es en resortes, principalmente empleados en las Compañías de ferrocarriles.

La composición de este acero es 1,20 por 100 de silicio y 0,30 por 100 de carbono; se llega así mediante el temple á 130 kilogramos para límite de elasticidad, y 200 kilogramos para coeficiente de rotura.

También se emplean, como ya indicamos en el pequeño resumen histórico, en palastros, ejes de máquinas, cañones, barras, etc., etc.

Una aplicación que hoy en día comienza á extenderse es el empleo de este metal en carriles.

Se han ejecutado ensayos con muy diversos tipos de ca-

rriles bajo el punto de vista de su composición; pero el que mayor éxito ha alcanzado es sin duda alguna el carril *Sandberg*, muy extendido en Inglaterra.

Su composición es la siguiente:

	Carbono.	Manganeso	Silicio.	Fósforo.	Azufre.
1.º.....	0,43	0,79	0,411	0,69	0,059
2.º.....	0,48	0,87	0,264	"	"

Las cargas de rotura eran 79,22 y 75,23 kilogramos respectivamente, y su alargamiento 17,8 y 18,3 respectivamente.

En los ensayos hechos con este carril se observó que en una curva de 200 metros de radio y en pendiente de 10 milésimas en la que los carriles de acero ordinario se usaban y quedaban inútiles en diez y siete meses, perdiendo 0,24 kilogramos por metro, al colocar carriles de acero al silicio del primer tipo sólo perdían 0,11 kilogramos por metro, ó sea se obtiene una economía de más del 100 por 100.

Otros ensayos se practicaron colocando en un cambio una aguja con acero corriente y la otra con acero al silicio; á los seis meses la primera había perdido 11,11 mm. de altura y la segunda 3,17 mm.

Otro ensayo realizado en la red del *Midland* consistió en colocar en una curva de 240 metros de radio, en la que se hacía preciso sustituir con suma frecuencia los carriles, varios carriles de esta clase, y como por las condiciones del trazado se hacía necesario colocar contracarriles, éste se dejó de carriles de acero ordinario.

Al cabo de cinco meses no se notaba desgaste apreciable en el carril; en cambio, en el contracarril se veía la huella de la pestaña muy sensiblemente.

El procedimiento empleado por *Sandberg* para fabricar esos carriles consiste en eliminar por completo el silicio de la mezcla y añadir el metal en seguida en la proporción necesaria.

El precio de obtención no eleva su valor nada más que un 15 por 100, lo cual hace sea muy conveniente su empleo si los ensayos continúan dando tan buenos resultados.

Aplicación de los aceros especiales á la construcción de puentes metálicos.

Un problema que se presenta á los constructores de puentes metálicos es del aprovechamiento de las propiedades de estos aceros á esta clase de construcciones.

Los coeficientes elevados que se alcanzan para el trabajo de estos aceros hacen pensar si, á pesar del elevado precio de los mismos, convendría su empleo, pues como podrían reducirse considerablemente las secciones de las diversas piezas, esta economía de metal compensaría el exceso de gasto ya mencionado.

Sobre este punto se han hecho muchos estudios comparativos, que en la casi totalidad de los casos han dado por resultado demostrar la conveniencia de aceros especiales.

Pero no son estas las únicas consideraciones que hay que tener en cuenta al hacer un proyecto de puente metálico, pues como algunas piezas al disminuir sus secciones no trabajan en buenas condiciones, como, por ejemplo, las que trabajan al flambaje, y no conviniendo, además, que los hierros tengan espesores demasiado pequeños, por la oxidación á que están expuestos, vemos existen limitaciones para la disminución de secciones, sobre todo en aquellos puentes

de grandes luces en que se producen esfuerzos secundarios difíciles de determinar y que generalmente no se tienen en cuenta en los cálculos.

Asimismo, teniendo gran importancia para la estabilidad de un puente que posea gran masa, para que el paso de los trenes, pasando á grandes velocidades, no experimente grandes vibraciones ni movimientos, es evidente que de emplear los aceros especiales, la masa del puente disminuye, acentuándose el peligro marcado por el mayor aprovechamiento de las propiedades del metal.

Hay piezas en las que, considerándolas en sí aisladas, no

ofrecen inconvenientes al empleo de estos aceros, cuales son aquellas que sólo trabajan á la tracción; pero como no se pueden considerar aisladas sino como formando parte del puente, no conviene tampoco su empleo en ellas.

De todo lo expuesto se deduce que de emplear estos aceros en los puentes debe hacerse como proporcionando un exceso de resistencia y sin disminuir por ello las secciones; pero como esta solución es muy costosa, no creo ha de emplearse mucho este material en puentes metálicos.

Madrid 30 de Septiembre de 1909.

Revista de las principales publicaciones técnicas.

La industria automóvil en Alemania.

Una publicación reciente de M. Kapper, titulada *Ledevopement de l'industrie automobile en Allemagne* y analizada en el *Economiste Français* del 21 de Mayo, suministra datos, en su totalidad, de la evolución de esta industria, considerada principalmente desde el punto de vista comercial. Desgraciadamente, en un cierto número de casos, las últimas cifras estadísticas utilizadas por el autor se remontan á 1906, lo que priva de una parte de interés á este estudio, dándole, en este punto, un carácter casi retrospectivo.

En 1906 existían en Alemania 34 fábricas de automóviles, que empleaban más de un millar de empleados y 10.000 trabajadores, estando su capital total representado por 43 millones de marcos.

Su producción, en este mismo año, se descomponía del modo siguiente:

Automóviles para la ciudad y para viajes.....	3.294
Idem del comercio.....	942
Carruajes de remisión.....	160
Idem para grandes pesos.....	155
Diversos.....	37
Total.....	4.588
 Motocicletas.....	 3.923

Los años de 1904 á 1906 se habían señalado por una actividad considerable, á la que siguió una crisis que ha tenido fin en 1909. El empleo creciente de los automóviles al transporte en común de muchos viajeros ha contribuido á este feliz resultado.

Las importaciones en Alemania (procedentes principalmente de Francia, de Bélgica y de Italia) han seguido la progresión siguiente:

	Carruajes para viajeros.		Carruajes para mercancías.	
	Toneladas.	Valor en marcos.	Toneladas.	Valor en marcos.
1906.....	1.978	18.974.000	90	334.000
1907.....	1.693	17.421.000	41	146.000
1908.....	1.231	12.670.000	108	433.000
1909.....	1.183	9.070.000	138	241.000

Las exportaciones (principalmente á Austria-Hungría y á Rusia) durante el mismo período han sido de:

	Carruajes para viajeros.		Carruajes para mercancías.	
	Toneladas.	Valor en marcos.	Toneladas.	Valor en marcos.
1906.....	1.689	15.834.000	1.015	3.899.000
1907.....	1.210	9.686.000	1.687	3.437.000
1908.....	1.446	11.370.000	411	2.055.000
1909.....	2.199	16.837.000	456	1.759.000

Ponen sensibles trabas á estas exportaciones los elevados derechos de Aduanas que prevalecen en varios países, por ejemplo: 1.400 marcos en Bélgica, 1.000 en Austria, 1.800 en Suecia y Noruega, 6.000 en los Estados Unidos, para un carruaje de tipo corriente con un peso de una tonelada.

Añadamos, para terminar, que el número de automóviles empadronados en Alemania al fin de 1909 se elevaba á 49.940, de los cuales 3.020 correspondían á grandes pesos y 22.280 á motocicletas. La producción para el año de 1909 sólo ha debido ser de 8.000 carruajes próximamente.

Disposición para el empleo del petróleo purificado en los motores de explosión.

Las aplicaciones del motor de explosión en los buques no ha tenido todavía su desarrollo normal, porque la esencia es costosa y sobre todo peligrosa á bordo; por otra parte, los motores de petróleo purificado tienen ciertos inconvenientes que ha indicado M. G. Ville en una Memoria reciente dirigida á la Association Technique Maritime.

Los motores de petróleo purificado pueden dividirse en dos grupos, según su manera de alimentarse: los motores de gasógeno y los motores de inyección directa.

En los motores de gasógeno, la carga se prepara fuera del cilindro. El petróleo no volátil á la temperatura ordinaria se evapora en una retorta calentada por un hogar independiente ó por una derivación de los gases de escape y mezclada con la cantidad de aire necesaria para formar un gas que se introduce en el cilindro para hacerle explotar. Esta disposición, empleada desde hace largo tiempo en los motores fijos monocilíndricos, tiene como defectos principales:

1.º El calentamiento y la dilatación exagerada de la carga