

formar no sea demasiado grande. Como esta última depende del voltaje y de la corriente, se examinarán separadamente cada uno de estos factores.

En teoría no tiene límite la corriente que puede transformarse con un rectificador de mercurio; pero en la práctica está limitada por la dificultad que existe para hacer pasar grandes corrientes por un tubo en el que se ha hecho un vacío bastante perfecto, así como las que nacen del gran calor que se desarrolla en el arco; estas dificultades podrían remediarse sustituyendo el cristal por otro material más conveniente.

El voltaje que admite el rectificador de mercurio es elevadísimo, circunstancia que le hace muy superior al electrolítico.

Su rendimiento crece con el voltaje, puesto que el consumido por el arco es una cantidad constante, unos 17 voltios en los rectificadores ordinarios de potencial constante. A voltajes de 100 ó 200 voltios el rendimiento del rectificador de mercurio es mucho mayor que el del electrolítico. Su factor de potencia, con reactancias apropiadas, pasa de 90 por 100.

El rendimiento elevado y la sencillez de este rectificador contribuyen á que de día en día se extienda más su empleo, que consiste principalmente en la carga de acumuladores para automóviles y teléfonos.

b) *Rectificador de corriente constante.*—La diferencia esencial que existe entre este rectificador y el que se acaba de describir se reduce á la sustitución del transformador de potencial constante por otro de corriente constante. La aplicación más importante de este rectificador se ha hecho á las lámparas Magnetita de corriente continua; se han establecido varias instalaciones de 25 á 75 arcos, consumiendo cada una de 80 á 100 voltios; el voltaje de la línea alterna oscilaba entre 15.000 y 20.000 voltios. La descripción detallada de este sistema de alumbrado exige mucho espacio, razón por la cual no se entra en ella.

c) *Rectificador de alta frecuencia.*—Con el rectificador de mercurio es posible rectificar corrientes alternas de la frecuencia que tiene la descarga de un condensador; es decir, de  $10^6$  ó de  $10^{10}$  oscilaciones por segundo. Hasta ahora no se pudo encontrar límite, pero prácticamente es imposible probar que la rectificación es completa. Esta propiedad del arco de mercurio puede ser útil en la telegrafía sin hilos para rectificar las oscilaciones recibidas en la antena.

En la figura 10 se representa una estación receptora con rec-

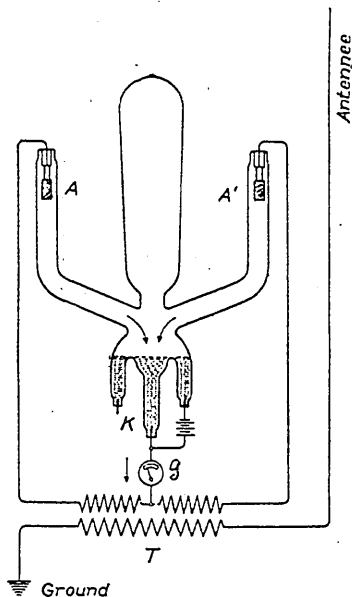


Fig. 10.\*

tificador de mercurio con las conexiones necesarias para utilizar las dos medias ondas de la corriente; *g* es un galvanómetro, una batería de acumuladores de unos 20 voltios conserva la actividad del catodo. Es probable que esta disposición no sea tan

sensible como un receptor telefónico, pero permite registrar telegramas.

Los experimentos descritos al tratar del establecimiento del arco de mercurio por medio de un arco auxiliar se explican admitiendo que rayos semejantes á los catódicos de un tubo de Crookes son emitidos por el catodo y se propagan en el espacio con una velocidad que depende de la cantidad de gases ó de vapor de mercurio presentes. Si el vacío del tubo es muy perfecto, los rayos se mueven con gran velocidad y cuando llegan al anodo se establece un puente conductor entre éste y el catodo. Si el vacío es defectuoso ó hay gran cantidad de vapor de mercurio, la velocidad de los rayos catódicos se reduce considerablemente, y entonces, tanto por su choque con las moléculas inertes como por la recombinación de los iones, se establece un estado de cosas tal, que el establecimiento del arco es muy lento y algunas veces hasta imposible.

El hecho de que la forma del tubo tenga gran influencia en el establecimiento del arco constituye un argumento en favor de la hipótesis de que los rayos emitidos por el catodo son análogos á los catódicos de los tubos de Crookes. El arco se inicia más pronto cuando no hay obstáculos entre el anodo y el catodo; si, por el contrario, los rayos tienen que chocar varias veces con las paredes del tubo antes de llegar al primero, el arco se establece con dificultad.

La hipótesis admitida justifica que con tubos estrechos sea difícil hacer saltar el arco de mercurio por medio de otro auxiliar; en tubos de 3 mm es imposible.

Si entre los electrodos *C* y *B* (fig. 1.<sup>a</sup>) se establece el arco y se aplica una diferencia de potencial á *B* y *A*, entre éstos circula una corriente á pesar de que la fuerza electromotriz aplicada sea inferior al voltaje de polarización del arco. Dicha corriente tiene las siguientes propiedades:

1. La corriente en la dirección *AB* es mucho mayor que en la *BA*.
2. La corriente, según *BA*, tiene un límite superior que se alcanza con poco voltaje; la de dirección contraria crece rápidamente en un principio con la fuerza electromotriz, después lentamente hasta que el voltaje es igual al de polarización, en cuyo momento el arco experimenta una transformación repentina.
3. La corriente, según *AB*, no depende exclusivamente de la fuerza electromotriz aplicada y de la corriente en *CB*, sino también del estado anterior del espacio *AB*; tiene distinto valor, según que el voltaje sea creciente ó decreciente.—Ω.

## LOS CARRILES DE ACERO, SU COMPOSICIÓN Y SU PERFIL <sup>(1)</sup>

Hace veinte ó treinta años los carriles de acero no daban lugar á las dificultades que se experimentan hoy día con los productos actuales, y que son, sobre todo, el resultado del enorme incremento en la producción de los laminadores y del aumento de peso en los perfiles del carril. La primera causa ha conducido á los fabricantes á no poner tanto cuidado como antes en la preparación de los lingotes y á mantener una temperatura mucho más elevada en los últimos pases por el laminado, lo que produce una textura de granos gruesos. En muchos casos, la composición actual es mejor que la que se encontraba antiguamente y que hoy día se consideraría como peligrosa. No obstante, es un hecho indudable que los carriles antiguos prestaban excelentes servicios, lo que debe atribuirse á un trabajo más acabado del acero y á su terminación á baja temperatura.

El aumento de peso de los perfiles ha trastornado por completo las proporciones que existían entre las diferentes partes

(1) Resumen de una Memoria presentada al *New York Railroad Club* por Roberto Job.

del carril: cabeza, alma y patín. La primera es mucho más gruesa que antes, habiendo aumentado considerablemente su volumen, en tanto que en muchos casos el espesor de las otras partes sólo ha aumentado ligeramente, y á veces hasta ha disminuído. En estas condiciones, el patín se lamina á una temperatura mucho menos elevada que la cabeza y presenta una textura granulosa fina análoga á la de los antiguos carriles, mientras que la cabeza ofrece una cristalización grosera que explica su desgaste más rápido y la mayor fragilidad del carril.

Dos métodos podrían seguirse con resultado para obtener una textura granular fina en toda la cabeza del carril: modificar las proporciones del perfil, de manera que sus diferentes partes alcancen la temperatura crítica, próximamente al mismo tiempo, ó cambiar el tratamiento térmico, bien sea durante ó bien después del laminado. En el primer caso, se impediría la formación de gruesos cristales, y en el segundo, los ya formados serían destruídos por un recocido conveniente. En ciertos talleres de laminado es práctica corriente dejar enfriar el carril antes de introducirlo en la última acanaladura, á fin de afinar el acero y dar al carril mejores cualidades contra el desgaste. Pero este procedimiento ha dado un resultado muy escaso, pues la textura granular fina no se extiende más allá de un espesor de 3 milímetros, y una capa tan delgada no resiste mucho tiempo al desgaste, quedando muy pronto al descubierto el acero de grano grueso.

Como ejemplo de los resultados obtenidos con un tratamiento térmico después del laminado, el autor cita los experimentos hechos bajo su dirección, en el *Reading Railway*, con carriles de 90 libras (44,65 kilogramos por metro) de textura de grano grueso, laminados en las fábricas de la *Pennsylvania Steel Company*. Después de haber dividido en dos por la mitad 11 carriles, y de calentarlos hasta el rojo cereza en un horno de recalentar, se les dejó enfriar en el aire. Después de esta operación, los cristales gruesos habían desaparecido por completo, apareciendo, en cambio, una textura de grano fino. Los 22 trozos se colocaron en Reading, en una vía donde el tráfico era muy intenso; se hallaban en una misma fila y cada uno de ellos alternaba con un carril no recocido. Cuando después de un tráfico de 88.128.000 toneladas (79.948.000 toneladas métricas) se midieron estos carriles, el autor notó con sorpresa que los carriles recocidos presentaban un desgaste más rápido y tenían más tendencia á aplastarse y agrietarse. La pérdida de peso, que sólo fué de 2,85 libras por yarda (1,41 kilogramos por metro) en los carriles no recocidos, se elevó á 3,77 libras (1,87 kilogramos por metro) en los trozos recocidos. Trozos de prueba, sacados de las cabezas y sometidos á un ensayo de tracción dieron los resultados medios siguientes:

|                        | Carriles no recocidos.                   | Carriles recocidos.                      |
|------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|
| Carga de rotura.....   | 91,19 kilogramos por milímetro cuadrado. | 86,66 kilogramos por milímetro cuadrado. |
| Límite de elasticidad. | 56,67 kilogramos por milímetro cuadrado. | 49,37 kilogramos por milímetro cuadrado. |
| Alargamiento.....      | 21 por 100.                              | 22 por 100.                              |

La composición química media era próximamente la siguiente:

|                |               |
|----------------|---------------|
| Carbono.....   | 0,540 por 100 |
| Fósforo.....   | 0,079 »       |
| Manganeso..... | 1,062 »       |
| Azufre.....    | 0,080 »       |
| Silicio.....   | 0,090 »       |

La conclusión que se saca de estos resultados es que para un tráfico pesado es esencial emplear carriles cuyo límite de elasticidad sea elevado; por consiguiente, si se trata de mejorar

la calidad del acero por un tratamiento térmico tal como el recocido que rebaja este límite, se debe al mismo tiempo aumentar las proporciones de carbono y de manganeso, aun con detrimento de la pureza del acero, hasta un punto tal que el límite de elasticidad sea lo suficientemente elevado para resistir al aplastamiento. La mayor ductilidad y elasticidad, inherentes á la estructura granular fina, permiten llevar la proporción de los elementos de endurecimiento más allá de límites que no podrían rebasarse sin peligro con los mismos carriles no recocidos. Así se obtienen condiciones mejores para resistir el desgaste.

El problema del efecto de las sobrecargas sobre los carriles de acero se ha discutido muchas veces, y el autor ha oído á los fabricantes atribuir el aplastamiento y la destrucción rápida de sus carriles á las cargas, cada vez más pesadas, que tienen que soportar los ejes. La naturaleza de la fractura de un carril que se haya roto por consecuencia de las sobrecargas es característica. La rotura es debida á esfuerzos repetidos del metal más allá del límite de elasticidad. Al principio se nota simplemente una fisura capilar; ésta, bajo las flexiones repetidas, se extiende gradualmente al interior del carril; el metal que la rodea se oxida y pierde toda resistencia; el carril se debilita y, finalmente, se produce la rotura al paso de una fuerte carga.

Resulta de lo que precede que se deben emplear aceros sanos y homogéneos en la fabricación de carriles, para que éstos realicen bien su servicio. Se encuentra una nueva prueba de esto en la experiencia intentada con carriles con níquel, que, como se ha podido observar, no han respondido á las esperanzas de sus inventores. Ofrecen una marcada tendencia á agrietarse, y su duración no está en relación con su precio. Hace algunos años, el autor tuvo ocasión de proceder al examen de algunos carriles de 80 libras (39,69 kilogramos por metro) con una proporción de níquel de 3,48 por 100. Su superficie estaba ligeramente corroida en algunos sitios, y se observaban unas manchas negras muy duras de brillo argentino, que no podían atribuirse más que á la presencia de níquel puro ó de una aleación muy rica en níquel. No podían imputarse á una preparación imperfecta del lingote, puesto que no se encontraron ni escorias ni óxidos metálicos. Había, pues, falta de homogeneidad en el acero y soldadura imperfecta entre las partículas de diferente naturaleza, lo que dió lugar á las grietas que se apreciaron.

Dicho esto, queda pendiente el problema antes citado: ¿Cómo se pueden obtener carriles mejores que los que hoy día producen las fábricas de acero? El autor ya sugirió la idea de modificar las dimensiones relativas de las partes constitutivas de los carriles de modo de obtener una textura granular fina y ductilidad y tenacidad que la acompañan. Por otra parte, los ferrocarriles debían exigir un cinglado conveniente de los lingotes, á fin de que no se emplee en la fabricación más que un acero sano y homogéneo. Las coladas que no ofrecieran estas cualidades deberían rechazarse después de un ensayo al choque practicado con un carril que proviniera del trozo de cabeza. Así se evitaría en gran parte el aplastamiento y hendimiento de los carriles. Aumentando la dureza del carril en una medida compatible con el carácter de la vía, se aumentarían sus condiciones de resistencia al roce; pero el autor cree que para fijar por completo este punto se debería esperar el resultado de experimentos más extensos que, según él, no pasará mucho tiempo sin que se realicen.

El carril Bessemer ha prestado importantes servicios en la época de los perfiles ligeros y de cargas exiguas sobre los ejes; pero en las condiciones de explotación actuales, es necesario emplear un carril más duro y más tenaz. Con la proporción de fósforo que generalmente se encuentra en el acero Bessemer no se puede aumentar su dureza, puesto que llevando su proporción de carbono más allá de 0,60 á 0,65 por 100, la cifra de las roturas se hace excesiva. Esta es la causa principal de las ventajas del procedimiento de fabricación sobre suelto básico, en el cual el fósforo y el azufre pueden casi ser eliminados. La reducción considerable de estos metaloides que hacen frágil al

acero permite aumentar, con toda seguridad, la proporción de carbono, y carriles que tienen hasta un 0.90 por 100 han resultado duros y tenaces y han dado resultados muy favorables en servicio.

El acero Bessemer seguirá sin duda empleándose en la fabricación de perfiles ligeros y para carriles en líneas de poco tráfico; pero el autor cree que en los casos en que las cualidades primordiales del carril son la dureza y la tenacidad, este acero no tardará en ser reemplazado por el obtenido sobre suelo básico.—H.

## CORRIENTES CONTINUAS DE ALTA TENSION

Es tan general el empleo de las corrientes trifásicas de alta tensión para el transporte de energía eléctrica á grandes distancias, que es lógico pensar si este sistema es el único posible. Una de las condiciones esenciales para que sea realizable un transporte de energía es que el voltaje de las líneas sea muy elevado, cosa que se consigue con tanta facilidad cuando las corrientes son alternas, que justifica por sí sola el hecho de que sean las que casi exclusivamente se aplican para aquel objeto; tienen además aquellas corrientes la propiedad de que con aparatos muy sencillos y de gran rendimiento es muy fácil elevar ó bajar su voltaje entre límites muy amplios. Sin embargo, poseen algunos inconvenientes, entre los cuales figuran en primer lugar la capacidad de las líneas, sobre todo cuando son subterráneas, las violentas subidas de voltaje con las consiguientes averías en los aislamientos y aparatos, todos los cuales dificultan la marcha regular de la instalación, muy especialmente cuando la longitud de la línea es muy grande, circunstancia que hace creer á muchos Ingenieros que, á pesar de la gran aceptación que tienen las corrientes trifásicas, llegará día en que serán sustituidas por las continuas de alta tensión, en cuyo sentido tanto ha trabajado M. Thury; la reciente Memoria de M. Highfield (1) contiene datos suficientes para conocer el estado actual de la cuestión.

Prescindiendo por un momento de todo lo relativo á la generación de corrientes continuas de alta tensión, así como de la reducción de ésta al final de la línea por lo que se refiere exclusivamente á la transmisión, las corrientes continuas son superiores á las trifásicas, sobre todo cuanto mayor es la importancia de la línea con relación á la central. Las corrientes continuas exigen dos conductores nada más, circunstancia que reduce las dificultades inherentes al aislamiento de la línea; no hay que preocuparse de la corriente sin vatios ni de otros inconvenientes que poseen las corrientes trifásicas.

Por lo que hace al sistema de distribución con corriente continua, la elección de uno ú otro influye principalmente en la disposición de las máquinas y aparatos auxiliares; M. Thury ha dado la preferencia al sistema serie, pues el derivado únicamente es factible cuando con seguridad y economía es posible construir generadores de mucho voltaje y poca corriente, así como aparatos que rebajen el primero con el correspondiente aumento en la intensidad de la segunda.

M. Thury obtiene el voltaje necesario con el acoplamiento en serie de varios dinamos, en la instalación de Montiers-Lyon; que ha inaugurado el año pasado, acopla ocho generadores de 7.200 voltios que producen un voltaje total de 55.600 en la línea, disposición que representa un gran capital y no escasos gastos de explotación, aun en el supuesto que el rendimiento del conjunto no sea inferior al de cada unidad. Hoy día este es el único procedimiento práctico para producir corrientes continuas de alta tensión, y aunque es de creer que con el tiempo podrán cons-

truirse dinamos de algunos miles de voltios, sin embargo, no parece verosímil que se llegue al ideal de que un solo generador sea suficiente para una línea de gran longitud. Por lo que se refiere á la generación de corrientes; los dinamos no pueden competir ventajosamente con los alternadores que en combinación con transformadores pueden dar cualquier voltaje entre límites muy amplios.

Lo que es de gran necesidad actualmente es un rectificador que permita producir y transformar la energía con corriente alterna y transportarlo con corriente continua; los empleados antes para el alumbrado por medio de arcos no son aplicables para aquel objeto, tanto porque trabajan á voltajes muy bajos como porque aun los mejor contruidos son aparatos muy imperfectos. Si llega á idearse un rectificador que admita grandes diferencias de potencial, ocupe poco sitio y posea un buen rendimiento, el transporte de energía eléctrica con corriente continua adquiriría gran desarrollo. Al conocerse la válvula electrolítica se creyó haber encontrado el rectificador deseado; pero hasta la fecha poco ó nada puede esperarse de ella en relación con la rectificación de corrientes alternas de alta tensión, por lo menos con los metales y electrolitos ensayados. Algunas esperanzas más hace concebir el arco de mercurio con rectificador, aunque poco es lo que se ha adelantado en este sentido. Las personas que asistieron hará unos dos años á la conferencia de Sir Oliver Lodge, en la Institución Real, recordarán los resultados tan notables por él alcanzados con válvulas eléctricas, cuyo fundamento le constituía la descarga corpuscular del catodo; su actividad en un solo sentido era tan perfecta y completa aun con voltajes de muchos miles de voltios, que interponiendo aquellas entre las terminales del secundario de un gran carrete de inducción y un condensador, éste se cargaba en la medida permitida por su capacidad y por efecto exclusivo de la media onda de corriente que corresponde á una de las dos direcciones. La descarga constante del condensador á través de una resistencia constituye lo que Sir Oliver Lodge denomina *corriente pertinaz*, que es precisamente la corriente que se necesita para la transmisión de energía cuando la distancia es muy grande. La rectificación de las corrientes alternas produce corrientes continuas, pero de intensidad variable entre cero y un máximo, cuyas ventajas sobre las primeras son muy pequeñas; es preciso que la forma de la curva de la corriente continua pierda su forma ondulada aproximándose todo lo posible á una recta.

La rectificación de corrientes alternas por el procedimiento de Sir Oliver Lodge no es aplicable en su forma actual á una instalación de importancia y tiene que pasar mucho tiempo antes de que se resuelva tal problema, y una vez resuelto queda por estudiar la manera de utilizar la corriente al final de la línea.—O.

## CÁLCULO Y REPARTICION DE ESTRIBOS

EN LAS VIGAS RECTAS DE CEMENTO ARMADO.—(NOTA DE M. PENDARIES)

El cálculo y repartición de estribos en las vigas rectas de cemento armado son efectuados por los constructores según métodos que se apoyan en hipótesis poco más ó menos irrefutables bajo el punto de vista técnico.

Estos métodos están expuestos en detalle en los tratados especiales, y no es cosa de repetirlos aquí y mucho menos criticarlos.

Su único inconveniente práctico es conducir, sea á cálculos progresivos, siempre bastante largos y laboriosos, sea á aproximaciones sucesivas, para las cuales se está necesariamente llevado á perder de vista las hipótesis iniciales y á distribuir empíricamente los estribos en diferentes puntos del tramo.

Es posible, partiendo de las mismas hipótesis, encontrar una

(1) REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, núm. 1646.