

§9. El imán y la explosión

En este capítulo se describe cómo se obtuvo el campo magnético más grande de los que el hombre disponía alguna vez.

Debido a la necesidad de investigar las propiedades de las partículas elementales en las emulsiones fotográficas de capa gruesa, los grupos de físicos en los EE.UU. y en la URSS se ocuparon del problema de potentes campos magnéticos. Los físicos del Laboratorio Ciclotrónico de la Universidad de Harvard, por ejemplo, querían crear un campo que pudiese encorvar notoriamente las trayectorias de las partículas que caían en las emulsiones. Para eso se necesitaba un campo con intensidad máxima de 200 mil Oe.

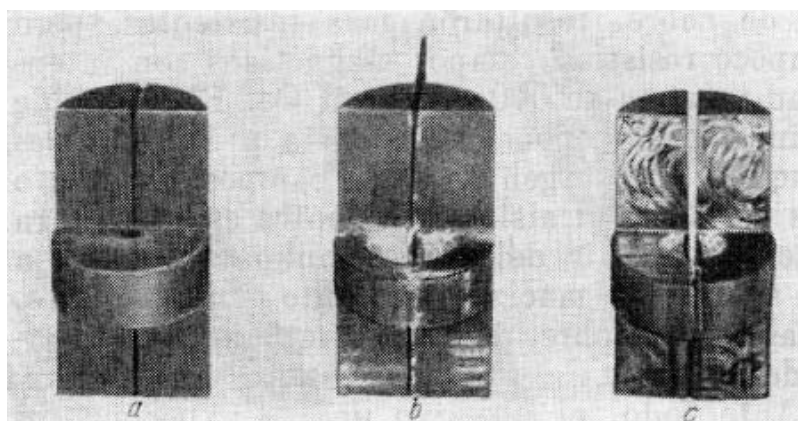


Figura 14. Espiras por medio de las cuales se crearon campos magnéticos impulsivos de 800 (a), 1000 (b) y 1600 (e) mil Oe.

La tarea de crear campos magnéticos potentes resultó tan difícil e interesante que los físicos se ocuparon de resolverla independientemente de la elaboración del método de emulsiones fotográficas, que dio el primer impulso.

Pronto se obtuvieron resultados superiores a los que se esperaban. Por medio de potentes baterías de condensadores, que en el transcurso de 0,00001 s podían desarrollar una potencia eléctrica de 1 millón de kw ó de 1 mil millones de w (la potencia de la central hidroeléctrica de Dnieprogués es de 600 mil kw), se logró obtener un campo magnético mayor de 1 millón de Oe. El desprendimiento instantáneo de la enorme energía iba acompañado de un ruido parecido al trueno.

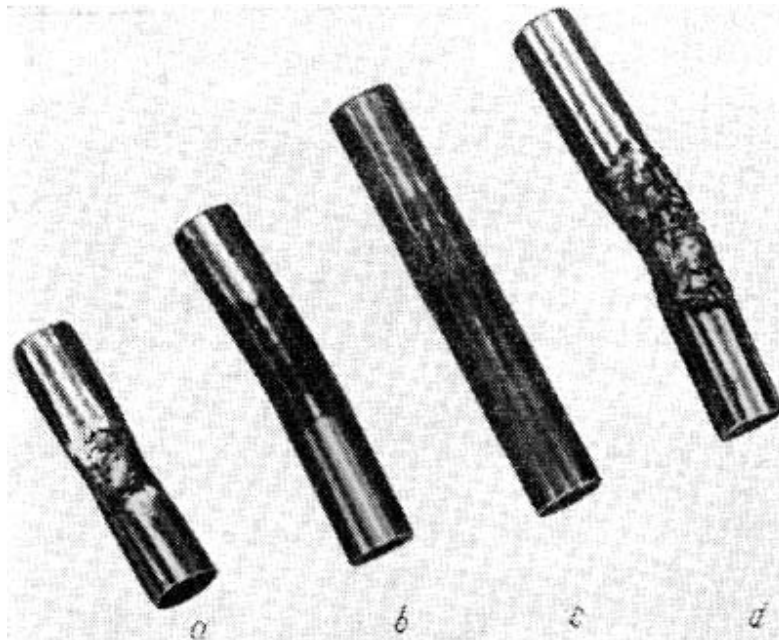
A toda esa avalancha de energía se la hacía entrar en la única espira maciza. Como lo había demostrado Kapitsa, los solenoides de tipo corriente, enrollados con alambre de cobre, "subsistían" únicamente en los campos hasta 300-350 mil Oe. Los de tipo "Bitter", hechos de discos de cobre, resultaron más resistentes, pero tampoco resistían campos magnéticos con intensidad máxima de 500-700 mil Oe. El solenoide es incapaz de oponer resistencia a los enormes esfuerzos que surgen en tales campos. El punto más débil fue el aislamiento entre espiras. Para poder prescindir del mismo hubo que pasar a una sola espira maciza que, junto con el soporte, se fabrica de cobre, de acero templado o de bronce de berilio.

Ante todo, el objetivo de los experimentos consistía en aclarar en qué grado los diversos materiales podían contrarrestar las consecuencias mecánicas y térmicas de los campos impulsivos superpotentes.

Los experimentos demostraron que ningún metal podía resistir, sin destruirse, los esfuerzos que surgen en un campo magnético igual a 1 millón de Oe. Podría parecer que esa cifra, precisamente, limitaría los éxitos de la física de los campos superpotentes. Sin embargo, los científicos, por lo visto, han encontrado ahora una salida de esa situación difícil, consistente en utilizar devanados "sin esfuerzos", a los que nos hemos referido más extensamente en uno de los capítulos anteriores.

Fue creado un gran número de devanados sin esfuerzos y de pocos esfuerzos. Los devanados sin esfuerzos son la última esperanza de los físicos en obtener campos potentes estables en devanados indestructibles, en el caso de que no se descubran materiales más resistentes y refractarios.

El método de obtener intensos campos magnéticos, descargando potentes baterías de condensadores sobre el solenoide de Bitter, cubierto, a veces, con la cerámica sinterizada para que sea más resistente, o sobre una espira se ha difundido ahora ampliamente para crear campos de 200-700 mil Oe. En la Unión Soviética hay tales instalaciones en la Universidad de Moscú, en el Instituto de Física de la Academia de Ciencias de la URSS, en la ciudad de Sverdlovsk y en otras ciudades.



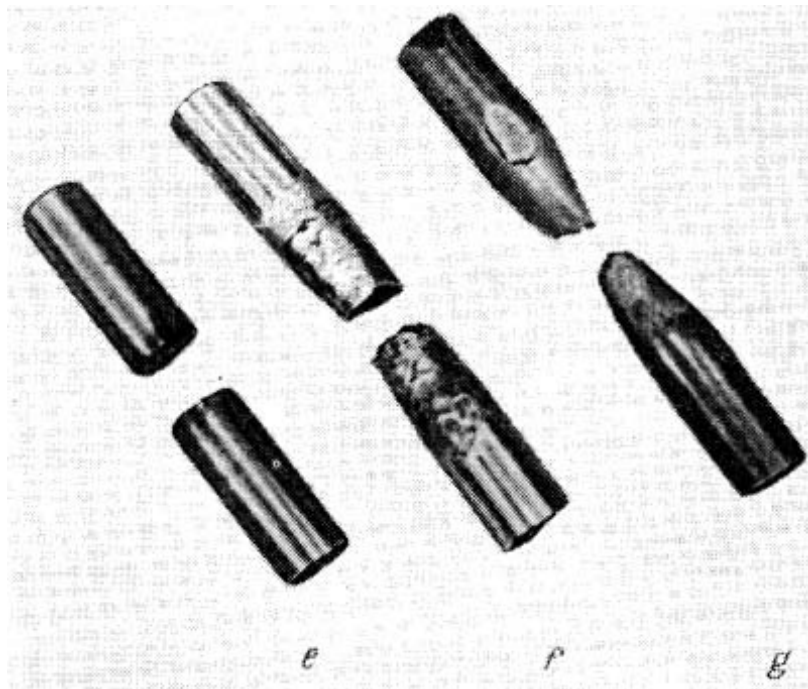


Figura 15. Muestras de diferentes metales que han estado en el campo magnético con intensidad de 600 mil Oe: (a) cobre; (b) acero; (c) acero especial; (d) latón; (e) tungsteno; (f) latón revestido de plata; (g) aluminio.

¿A lo mejor existen algunos métodos de obtener campos magnéticos potentes, basados no en la repentina descarga sobre el solenoide de enorme energía, sino en algún otro principio?

Los electrotécnicos soviéticos G. Babat y M. Lozinski publicaron en 1940 un artículo, expresando por primera vez la idea del "concentrador" de flujo.

Esta idea es fácil de comprender. Imaginémosnos un tubo cortado por el cual circula corriente. El lado del corte del tubo está cerrado por un émbolo metálico. La corriente crea en el tubo un campo magnético, cuya magnitud se caracteriza por la densidad de las líneas de fuerza magnéticas, es decir, por su número correspondiente a una unidad de superficie de la sección interior del tubo. ¿Qué ocurrirá si el émbolo se introduce de súbito en el tubo? Entonces la sección interior de éste se achicará bruscamente. Dado que el número de líneas de fuerza, adheridas al tubo, no puede, cambiar instantáneamente, su densidad en la sección reducida aumentará también en flecha. Por consiguiente, la inducción magnética, y la intensidad del campo magnético crecerán.

De esa manera, el principio de la "concentración" de flujo consiste en que primero se obtiene un campo de magnitud relativamente insignificante por métodos corrientes en un volumen grande; luego la sección del flujo magnético se disminuye bruscamente por uno u otro procedimiento y, entonces, el campo aumenta de la misma manera.

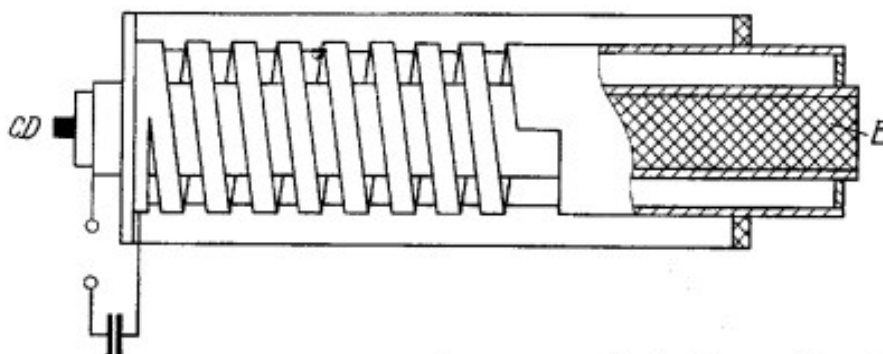


Figura 16. Principio de funcionamiento del generador magnetocumulativo MC-2 (la carga de trilita se utilizó para la compresión de la zona que contiene flujo magnético): CD - cápsula detonante; E - explosivo.

Si los conductores del arrollamiento poseyesen superconductividad, el campo aumentado podría subsistir durante un lapso indefinido, mientras que en los conductores comunes, en los cuales las corrientes inducidas se amortiguan rápidamente, el salto de la intensidad del campo dura breves fracciones de segundo.

Howland y Foner, aprovechando la idea de G. Babat y M. Lozinski, construyeron un concentrador en el cual la zona de trabajo del imán no se reducía mecánicamente. Se aclaró que, colocando dentro del solenoide una espira maciza de pequeño diámetro interior, se podía asimismo lograr el efecto de concentración: el impulso de la corriente en el devanado exterior induce en la espira maciza corrientes Foucault, que desplazan el flujo magnético hacia el orificio central de esta última. Mediante concentradores se logró obtener un campo magnético con amplitud de 450 mil Oe, mientras que en el solenoide sin espira maciza, el campo era igual a 300-350 mil Oe.

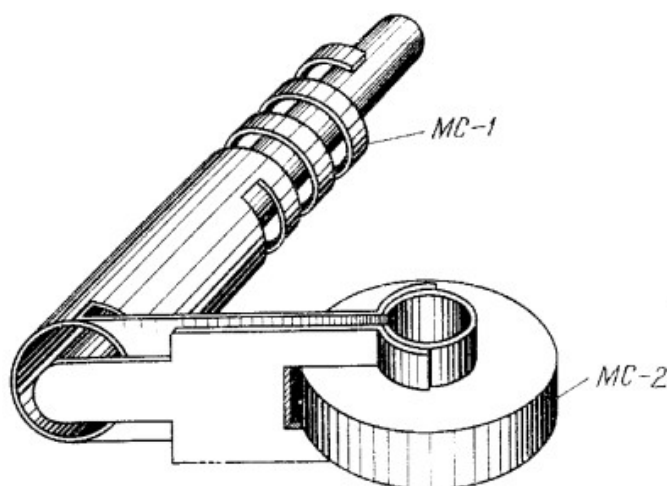


Figura 17. Conjunto de generadores magnetocumulativos MC-1 y MC-2, por medio de los cuales se obtuvo la intensidad récord del campo magnético de 25 millones de Oe.

En otros experimentos se logró obtener un campo magnético de 200 mil Oe en un volumen bastante considerable, aproximadamente igual al de un vaso, en el cual se consiguió colocar

emulsiones fotográficas de capa gruesa con fines de investigar los procesos nucleares. La batería de condensadores para estas investigaciones pesaba más de 30 t.

Las investigaciones en la esfera de campos magnéticos superpotentes fueron coronadas por una serie de experimentos realizados hace unos años por los físicos soviéticos.

Analizando la idea de concentrar el flujo magnético y comprendiendo que la concentración sería tanto más eficiente cuanto más rápidamente se opera la "reducción" de la zona de concentración, los científicos soviéticos llegaron a la conclusión de que dicho efecto tendría más éxito si la "reducción" se lograra por medio de explosivos.

Si dentro de una espira cerrada se crea de algún modo un campo magnético, comprimiendo luego la espira mediante una explosión cumulativa, se puede lograr que la densidad de las líneas de fuerza y, por consiguiente, la magnitud del campo magnético dentro de la espira comprimida aumente en sumo grado. Esto ocurre debido a que el flujo magnético, adherido a cierto circuito, no puede cambiar instantáneamente. Unas ideas análogas fueron comprobadas también por físicos norteamericanos en el Laboratorio de Los Alamos.



Figura 18. Instalación para estampar piezas metálicas por el método magnetoimpulsivo

El dispositivo, utilizado en los experimentos soviéticos, se reproduce esquemáticamente en la figura. El campo magnético inicial de 1 millón de Oe se crea por medio de un equipo que funciona a base del principio de explosión.

El anillo-espira metálica de 7,5-10 cm de diámetro se rodea por 4-8 kg de material explosivo. Tan pronto el campo exterior alcance el máximo, se hace estallar el explosivo, y el anillo se "reduce" hasta el diámetro de unos milímetros. La "reducción" se produce a velocidad aproximada de 0,5 cm por 0,000001 s (4 km/s).

Durante el proceso de "reducción", los físicos soviéticos midieron un campo monstruoso de 25 millones de Oe¹, mientras que los norteamericanos, de 14,6 millones de Oe. Las mediciones ulteriores del campo fueron imposibilitadas puesto que durante la "reducción", el diámetro del anillo disminuía tanto que éste aplastaba al transductor, por medio del cual se realizaban las mediciones. Todo el proceso duraba unas millonésimas fracciones de segundo.

Muchos eminentes físicos consideran que el campo obtenido no es el límite, pronosticando la creación por ese método de campos magnéticos de 100 millones de Oe y más. Tales campos inconcebibles existen solamente en las entrañas de planetas y estrellas. Por cuanto la presión del campo magnético crece en proporción al cuadrado de su intensidad, al lograr campos tan intensos se desarrollan también presiones correspondientes (de miles de millones de atmósferas).

La realización de experimentos con combinación simultánea de campos y presiones tan potentes tiene una importancia extraordinaria para el estudio, por ejemplo, de los procesos que se operan en los planetas y estrellas, durante el colapso gravitacional de las superestrellas, etc.

¿Se aplican los campos impulsivos en la técnica? Aunque la aplicación técnica de tales campos da por ahora sus primeros pasos, tiene perspectivas muy prometedoras.

En la actualidad, por ejemplo, mediante un campo magnético impulsivo se remachan tubos metálicos de protección sobre cables de acero. La presión que desarrolla semejante campo es tan grande que el tubo se aplasta contra la superficie áspera del cable con tal fuerza que es imposible obtener por ningún otro procedimiento.

Asimismo pueden aprovecharse los esfuerzos electromagnéticos, surgidos en potentes campos magnéticos, para estampar piezas, encajar a presión elementos conductores en casquillos aislantes y para otros fines técnicos.

Los campos magnéticos superpotentes encontrarán, seguramente, aplicación en la radiocomunicación cósmica a gran distancia, en el estudio de las partículas elementales y de las propiedades del plasma.

El proyecto más grandioso y audaz de aplicación de los campos impulsivos para investigaciones físicas es, quizás, el de utilizar un gran generador magnetocumulativo para obtener partículas cargadas con una energía colosal. Para acelerar las partículas hasta la energía de 10^{12} eV hará falta aprovechar, como carga un dispositivo atómico. Se propone producir el estallido en una cámara con volumen de 10^4 m³ ubicada en el fondo de un pozo de 1 km de profundidad. Asombra el que, este dispositivo, al parecer fabulosamente caro, resultaría mucho más barato que un acelerador corriente que confiere a las partículas igual energía.

¹ Este campo magnético récord se obtuvo utilizando sucesivamente dos generadores de explosión o magnetocumulativos MC-1 y MC-2. El segundo fue utilizado para crear el campo "fulminante" que luego "se reducía" por el generador MC-1. El conjunto de estos dos dispositivos, único en su género, véase en la fig. 17.