

Wielokrotnie w eksperymentach fizycznych zachodzi potrzeba wykonania badań w możliwie silnych stałych polach magnetycznych. Projektowaniem i konstrukcją odpowiednich magnesów zajmuje się wiele firm i laboratoriów. Na pozór sprawa wydaje się prosta. Wiemy, że w środku cewki z prądem powstaje pole magnetyczne

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2r},$$

gdzie N jest liczbą zwojów, I natężeniem prądu, r promieniem cewki, μ_0 przenikalnością magnetyczną próżni.

Trzeba zatem skonstruować elektromagnes z dużą liczbą zwojów i przepuszczać odpowiednio duży prąd. Niestety, nie da się łatwo spełnić obu tych warunków jednocześnie. Wiele zwojów oznacza albo cienki drut, albo wielką cewkę. Cienki drut uniemożliwia przepływ dużego prądu, zaś duża cewka nie daje silnego pola nawet przy dużym prądzie, gdyż pole od daleko położonych zwojów nie jest istotne.

Chcąc nie chcąc trzeba budować magnesy z niewielką liczbą zwojów i oczywiście trzeba przepuszczać przez nie bardzo duży prąd. Naturalnie, w cewce wydziela się ciepło Joule'a-Lenza; wymaga to niesłychanie wydajnego chłodzenia uzwojenia. Ktoś powie: zaraz, zaraz, przecież wykorzystując zjawisko nadprzewodnictwa pozbywamy się oporu cewki, a zatem nie wydziela się w niej ciepło. To prawda, ale w magnesach nadprzewodzących trudno przekroczyć granicę 10 T (pole magnetyczne niszczy nadprzewodnictwo), a ponadto są one kłopotliwe w użyciu (kapiel w ciekłym helu). Narzucający się pomysł wykonania uzwojenia z rurką (w środku płynię woda chłodząca) nie jest najlepszy ze względu na duże opory przepływu cieczy. Optymalną konstrukcją jest chyba elektromagnes biterowski (Francis Bitter — fizyk amerykański) pozwalający uzyskać stacjonarne pole magnetyczne 20—30 T. We wszystkich większych ośrodkach naukowych na świecie, gdzie bada się własności materii w silnych polach magnetycznych, stosuje się właśnie takie magnesy. Magnes biterowski (patrz rysunek) składa się z dysków miedzianych o grubości 1—2 mm (specjalna ultratwarda miedź elektrolityczna) o średnicy 20—40 cm, z otworem w środku, przeciętych wzdłuż promienia. Kilkaset (zwykle ok. 200) takich dysków złożonych wraz z izolującymi przekładkami tworzy elektromagnes.

Przekładką izolacyjną jest specjalna folia w kształcie koła o średnicy równej średnicy dysku z usuniętym niewielkim wycinkiem (również z otworem w środku). Odpowiednie złożenie dysków i przekładek powoduje powstanie cewki; każdy dysk jest jej pojedynczym zwojem. Cewkę tę, która jest praktycznie miedzianym walcem, chłodzi się w ten sposób, że przepuszcza się wodę przez kilka tysięcy małych (średnica 1—2 mm) otworów wywierconych wzdłuż wysokości walca, czyli równoległe do pola magnetycznego. Dla uniknięcia zwarć używa się specjalnie dejonizowanej wody o oporze właściwym rzędu kilku $M\Omega m$.

O wymaganej precyzji wykonania takiego magnesu świadczy fakt, że otwory chłodzące wycina się w dyskach i przekładkach przed złożeniem magnesu, a powstałe po złożeniu kanaliki muszą mieć jednakowy przekrój wzdłuż całej grubości cewki z dokładnością do 0,05 mm.

Na świecie pracuje zaledwie kilkadziesiąt cewek tego typu w kilkunastu ośrodkach naukowych. W Europie największym takim laboratorium jest „Service National des Champs Intenses” w Grenoble (Francja). Ze względu na dość wysokie koszty budowy i eksploatacji laboratorium to użytkowane jest wspólnie przez Centre National de la Recherche Scientifique i Max Planck-Gesellschaft i otwarte jest dla naukowców z całej Europy (miesięcznie przyjeżdża tam ok. 20 osób). W Grenoble zainstalowanych jest 8 magnesów biterowskich dających pola do 25 T. Magnesy zasilane są przez 4 generatory 2,5 MW każdy, które można łączyć równoległe. Największa cewka wymaga 10 MW mocy ($U = 335 \text{ V}$, $I = 30 \text{ kA}$). Do chłodzenia jej wysokowydajne pompy tłoczą wodę (w obiegu zamkniętym) z szybkością 400 m^3/godz . przy ciśnieniu roboczym 27 atm, powoduje to wzrost temperatury wody o ok. 40°C, powoduje to również wzrost temperatury wody w rzece, która jest ostatecznym odbiornikiem ciepła, o 2—3°C (tylko podczas pracy największej cewki przy maksymalnym polu). Dla zabezpieczenia cewek komputer trzy razy w ciągu sekundy mierzy temperaturę wody, prąd i napięcie cewki i w razie jakichkolwiek nieprawidłowości „ogłasza” alarm i wyłącza generatory. Czas życia cewek mimo to nie przekracza zwykle 1000 godzin, po tym czasie trzeba cewkę rozebrać i wymienić wypalone dyski.

Wysiłki konstruktorów zmierzające do uzyskania jeszcze silniejszych pól magnetycznych nie ustają. Również w Grenoble jest obecnie budowany przez uczonych francuskich i niemieckich magnes hybrydowy: tzn. cewka biterowska umieszczona w polu magnetycznym dużego magnesu nadprzewodzącego. Oczekuje się pola magnetycznego ponad 30 T, będzie to „rekord świata” w stacjonarnych polach magnetycznych.

