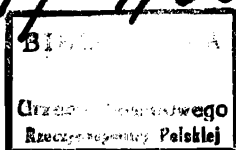


Warszawa, dnia 20 marca 1952 r.



RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

OPIS PATENTOWY

Nr 34730

Kl. 21 g, 31/01

N. V. Philips' Gloeilampenfabrieken

(Eindhoven, Niderlandy)

Magnes trwały oraz sposób jego wyrobu

Zgłoszono 9 czerwca 1939 r.

Udzielono 10 września 1951 r.

Pierwszeństwo: 6 grudnia 1938 r. (Niemcy)

Wynalazek dotyczy magnesu trwałego oraz sposobu jego wyrobu.

Magnes trwały według wynalazku jest wykonany ze stopu anizotropowego Ni-Al-Co-Fe, zawierającego 16 — 30% (najlepiej 20 — 25%) kobaltu, około 12 — 20% (najlepiej 13 — 17%) niklu oraz 6 — 11% (najlepiej 7 — 10%) glinu oraz mającego wartości $(BH)_{\max}$ w kierunku osi głównych, wynoszące co najmniej $2 \cdot 10^6$ (C.G.S.). Wartości $(BH)_{\max}$ magnesów według wynalazku wynoszą np. $5 \cdot 10^6$ (C.G.S.), to znaczy przekraczają co najmniej o 50%, np. 100 — 200%, wartości $(BH)_{\max}$ magnesów trwałych, otrzymywanych z tego samego stopu o właściwościach magnetycznych, prawie jednakowych we wszystkich kierunkach.

Wielkość $(BH)_{\max}$ stali magnesowej decyduje, jak wiadomo, o wielkości i o ciężarze magnesu, wobec czego postęp techniczny, uzyskany dzięki wynalazkowi, jest oczywisty.

Magnes trwały według wynalazku można wyrabiać poddając odpowiednie odlewy działaniu pola magnetycznego w toku chłodzenia, niezbędnego do hartowania magnetycznego.

Wiadomo, że ochładzanie w polu magnetycznym z wysokich temperatur, występujących podczas obróbki cieplnej, oddziałuje w znacznym stopniu na właściwości magnetyczne niektórych materiałów ferromagnetycznych o dużej przenikalności.

Działanie to badano również w odniesieniu do stopów na magnesy trwałe, jak to wynika

z czasopisma „Nature” z dnia 30 czerwca 1938 r. str. 209. W tym przypadku chodziło o stop niklo-gli-no-żelazowy na magnesy trwałe, składający się z 18% niklu, 10% glinu, 12% kobaltu, 6% miedzi i 54% żelaza, ochładzany w polu magnetycznym poczynszszy od temperatury 1200°C. Uzyskano przy tym wzrost pozostałości magnetycznej z 7350 na około 7900 gausów oraz wzrost wartości $(BH)_{\max}$ z $1,5 \cdot 10^6$ na $1,8 \cdot 10^6$ (C.G.S.).

Materiały ferromagnetyczne, chłodzone nie w polu magnetycznym, wykazują, jak wiadomo, we wszystkich kierunkach jednakowe właściwości magnetyczne. Natomiast materiały, chłodzone w polu magnetycznym, są magnetycznie nierównokierunkowe, a mianowicie ich właściwości magnetyczne polepszają się w kierunku, odpowiadającym kierunkowi pola magnetycznego, czynnego podczas ochładzania materiału, kosztem tych właściwości w innych kierunkach.

Z przytoczonych w czasopiśmie „Nature” rozważań wynika, że na tej drodze można uzyskać ze stopami badanymi powiększenie tylko o 7% pozostałości magnetycznej oraz o 20% wartości $(BH)_{\max}$.

Stwierdzono natomiast, że obróbka w polu magnetycznym stopu, wymienionego na początku opisu, daje doskonałe wyniki, a w szczególności pozwala osiągnąć wartości $(BH)_{\max}$, wynoszące do około $5 \cdot 10^6$ (C. G. S.). W związku z tym zaznacza się, że największa dotychczas osiągnięta wartość $(BH)_{\max}$ wynosiła $2,3 \cdot 10^6$ (C.G.S.).

Korzyść z wynalazku jest tym większa, że dotyczy nieekonomicznych dotychczas i nie stosowanych w praktyce stopów Ni-Al-Fe o dużej (większej od 16%) zawartości kobaltu, z których uzyskuje się według wynalazku najbardziej wartościowe magnesy trwałe. Przytoczona poprawa wartości $(BH)_{\max}$ odnosi się do kierunku magnesowania, zgodnego zasadniczo z kierunkiem pola magnetycznego, czynnego podczas procesu ochładzania.

Najkorzystniej jest poddawać materiał na magnesy działaniu pola magnetycznego przy chłodzeniu w zakresie temperatur, sięgającym od temperatury Curie do temperatury niższej o

około 150°C. Czas zużyty na chłodzenie materiału w tym zakresie posiada pewne znaczenie, wobec czego sposób według wynalazku stosuje się w pierwszym rzędzie do stopów, które przy dotychczasowych sposobach obróbki pozostają w wymienionym zakresie temperatur (w celu uzyskania najlepszych właściwości magnetycznych) w czasie większym od pewnego minimum, np. od 30 sek.

W związku z występowaniem zmian wewnętrznych w stopie przy działaniu pola magnetycznego korzystnie jest stosować stopy o wysokiej temperaturze Curie, np. wyższej od 780°.

Warunek ten właśnie spełnić mogą stopy o zawartości kobaltu większej od 16%.

Zawartość glinu zależy od zawartości innych składników, zwłaszcza zaś od zawartości niklu.

Ze względu na uzyskanie jak największych wartości $(BH)_{\max}$ nie należy stosować zawartości niklu większej od 17%.

Zastosowanie miedzi, używanej do wielu nowoczesnych magnesowych stali stopowych, nie jest konieczne; zawartość miedzi większa od 7% jest nawet szkodliwa. W celu jednak uzyskania największych wartości $(BH)_{\max}$ należy dopuścić miedź w małej ilości, np. 1 — 3%. Przy większej zawartości poleca się na ogół zmniejszyć zawartość niklu.

Tytan, stanowiący wartościowy składnik licznych stali magnesowych, również nie jest konieczny w magnesach według wynalazku. W celu jednak uzyskania bardzo dużych wartości $(BH)_{\max}$ można stosować łączną zawartość glinu i tytanu mniejszą od 12%. Zbyt duża zawartość tytanu, np. większa od 5%, jest szkodliwa.

W tabeli I zestawiono dane, otrzymane z serii doświadczeń nad stopami omawianego rodzaju. Odpowiednio do tych danych stopy te należy podzielić na kilka klas, z których każdą cechują odrębne właściwości magnetyczne.

Stopy klasy a nadają się szczególnie tam, gdzie zależy na bardzo znacznej pozostałości magnetycznej. Stopy klasy b, zawierając oprócz niklu, glinu i kobaltu również tytan, nadają się szczególnie tam, gdzie zależy na znacznym natężeniu powściągającym. Stopy klasy a i klasy b

wykazują przy maksymalnych wartościach pozostałości magnetycznej lub natężenia powściągającego pokazuje wartości $(BH)_{max}$, wynoszące 2 — $3,5 \cdot 10^6$ lub 2,5 — $4,2 \cdot 10^6$ (C. G. S.).

Tabela I

Klasa stopu	Składniki stopu	Zawartość %	Pozostałość magnetyczna B_r	Natężenie powściągające H_c	$(BH)_{max}$
a	Ni Co Al	14–20 21–25 8–10	9750–13500	300–560	$2–3,5 \cdot 10^6$
b	Ni Co Al Ti	14–18 22–25 6–8 0,4–4	9200–12000	470–765	$2,5–4,2 \cdot 10^6$
c	Ni Co Al Ti Cu	13–16,5 18,5–25 6,5–8,5 1–3 1–7	9800–11250	510–420	$3–4 \cdot 10^6$
d	Ni Co Al Cu	12–15 20–27,5 8–8,5 1,5–6,5	9250–12500	520–630	

Stopy klasy c, zawierające dodatek miedzi, nadają się do tych samych celów. Stopy klasy d, pozbawione tytanu, wykazują największe wartości $(BH)_{max}$ przy dużych wartościach pozostałości magnetycznej oraz natężenia powściągającego.

Do wymienionych składników można dodawać inne nawet w znacznych ilościach. Składniki dodatkowe dzielą się na takie, jak krzem, wanad, antymon, cyna, siarka, pogarszające co prawda właściwości magnetyczne stopu, nie oddziałujące jednak szkodliwie na wywołanie w nim różnokierunkowości, oraz na składniki takie, jak chrom, mangan, pogarszające właściwości magnetyczne stopu oraz oddziałujące szkodliwie na wywołanie w nim różnokierunkowości. Można również przez dodanie innych składników, np. wapnia lub też w mniejszym stopniu wolframu, uzyskać pewną poprawę jednej z właściwości magnetycznych materiału, np. pozostałości magnetycznej, czemu jednak towarzyszy pogarszanie się właściwości pozostałych. Oczywiście ani różnokierunkowość, ani właściwości magnetyczne materiału nie ule-

gają znacznym zmianom, jeżeli dodatkowe składniki występują w ilościach niedużych, najwyżej rzędu paru dziesiątych procentu, np. jako zanieczyszczenia.

Stwierdzono, że największe wartości $(BH)_{max}$ uzyskuje się według wynalazku nie w tych stopach, które przy chłodzeniu bez pola magnetycznego wykazują największe dotychczas uzyskane wartości, wynoszące np. około $2,5 \cdot 10^6$ (C. G. S.). W stopach tych różnokierunkowość magnetyczna jest nieznaczna albo też nie występuje wcale. Różnokierunkowość ta występuje najdobitniej w stalach stopowych o podanym składzie, dających przy chłodzeniu bez pola magnetycznego względnie małe wartości $(BH)_{max}$. Można więc w tych stalach, dotychczas nie stosowanych ze względu na swój skład, uzyskać wartości $(BH)_{max}$ znacznie większe od wykazywanych przez najlepsze gatunki stali.

Na ogół przy dotychczasowych sposobach chłodzenia bez pola magnetycznego większym war-

tościom $(BH)_{max}$ odpowiadają mniejsze pozostałości magnetyczne. Znaczne wartości $(BH)_{max}$ większe od $2 \cdot 10^6$ (C. G. S.), uzyskiwano dotychczas np. wyłącznie przy stosunkowo niedużych pozostałościach magnetycznych, np. mniejszych od 7500 gausów. Wynika z tego, że poprawę wartości $(BH)_{max}$ uzyskiwano wyłącznie przez powiększenie natężenia powściągającego kosztem pozostałości magnetycznej.

Stwierdzono natomiast, że w stalach stopowych o znacznej zawartości kobaltu, wykazujących przy odpowiedniej przeróbce cieplnej, mającej na celu uzyskanie najkorzystniejszej wartości $(BH)_{max}$, pozostałość magnetyczną większą od 8000 gausów, występuje znaczna poprawa $(BH)_{max}$ pod wpływem wywołanej nierównokierunkowości, i to na ogół poprawa tym znaczniejsza, im większa jest pozostałość magnetyczna stopu. Dzięki wybitnej nierównokierunkowości

uzyskuje się ostatecznie wartości $(BH)_{max}$ przekraczające $2,5 \cdot 10^6$ (C. G. S.) i dochodzące do nieosiągalnej dotychczas granicy $4,5 \cdot 10^6$ (C. G. S.). Magnesy według wynalazku wykazują przy wartości $(BH)_{max}$ większej od $2,5 \cdot 10^6$ (C. G. S.), a równej np. $4 \cdot 10^6$ (C. G. S.), również znaczną pozostałość magnetyczną, np. większą od 10.000 gausów, co ma duże znaczenie w praktyce.

Stwierdzono, że w stopach według wynalazku, wykazujących większe wartości $(BH)_{max}$, również natężenie powściągające, mierzone w kierunku głównym, jest większe wbrew wywodom w czasopiśmie „Nature”. Stanowi to częściowo przyczynę znacznego wzrostu wartości $(BH)_{max}$.

W tabeli II zestawiono dane, odnoszące się do pewnej liczby stopów, ochładzanych w sposób zwykły (kolumna trzecia) oraz ochładzanych w polu magnetycznym (kolumna czwarta).

Tabela II

Nr	Składniki stopu w %					Uzyskana najkorzystniejsza wartość $(BH)_{max}$ przy zwykłej obróbce cieplnej bez pola magnetycznego po odpuszczeniu			Uzyskana najkorzystniejsza wartość $(BH)_{max}$ przy obróbce cieplnej w polu magnetycznym po odpuszczeniu			Średnia szybkość chłodzenia ($^{\circ}\text{C}/\text{sek}$) w zakresie od około 1200°C do 600°C	Poprawa $(BH)_{max}$
	Ni	Al	Co	Cu	Ti	$(BH)_{max}$	Hc	Br	$(BH)_{max}$	Hc	Br		
1.	16,0	8,5	23	—	—	$1,22 \cdot 10^6$	348	90 0	$3,45 \cdot 10^6$	402	12,650	1,0	183
2.	13,5	8,0	24	1,5	—	$1,32 \cdot 10^6$	370	9450	$3,77 \cdot 10^6$	505	13,100	2,6	188
3.	13,5	8,0	24	3,0	—	$1,68 \cdot 10^6$	535	8300	$4,79 \cdot 10^6$	615	12,700	1,8	185
4.	16,0	7,8	25	—	2,8	$1,60 \cdot 10^6$	604	7600	$3,057 \cdot 10^6$	640	10,000	4,0	91
5.	14,0	7,1	24	3,0	2,4	$1,72 \cdot 10^6$	595	7900	$3,78 \cdot 10^6$	660	11,050	4,0	110
6.	14,0	7,5	20	6,5	1,8	$1,65 \cdot 10^6$	620	7350	$3,25 \cdot 10^6$	676	9,825	4,3	97
7.	16,5	8,1	20	1,1	2,3	$1,824 \cdot 10^6$	640	8150	$3,117 \cdot 10^6$	685	10,200	4,0	71

Średnia szybkość chłodzenia, podana w kolumnie piątej tabeli, odnosi się do obydwóch rodzajów chłodzenia. Szybkość ta została obrana tak, aby przy chłodzeniu bez pola magnetycznego uzyskać maksimum iloczynu B i H.

Kolumna szósta tabeli zawiera wzrost $(BH)_{max}$ w procentach, uzyskany sposobem według wynalazku. Z kolumny tej wynika, że stale

o składzie nr 1, 2 lub 3, chłodzone w polu magnetycznym, dają wyniki prawie trzy razy lepsze od stali o tym samym składzie, lecz chłodzonych bez pola magnetycznego. Stale pozostałe wykazują również wzrost $(BH)_{max}$ co najmniej o 50%. Stal według wynalazku o składzie nr 2 wykazuje oprócz bardzo dużej wartości $(BH)_{max}$ również znaczną pozostałość magnetyczną.

Fig. 1 i 2 rysunku przedstawiają krzywe rozmagnesowania dla stali o składzie nr 1 i 3. Krzywe 1 i 2 odnoszą się do stali magnesowej według wynalazku, a krzywe 3 i 4 do stali o tym samym składzie, lecz chłodzonej bez pola magnetycznego. Dla porównania przedstawiono linią przerywaną krzywą rozmagnesowania nowoczesnej stali magnesowej o bardzo dużej wartości $(BH)_{\max}$. Duże wartości $(BH)_{\max}$, odnoszące się do magnesów według wynalazku, są, jak widać na rysunku, następstwem przede wszystkim powiększonej pozostałości magnetycznej oraz bardziej wypukłego przebiegu krzywej rozmagnesowania, jakkolwiek powiększenie natężenia powściągającego w porównaniu z takim natężeniem stali o tym samym składzie, lecz chłodzonej bez pola magnetycznego, jest również znaczne.

Zastrzeżenia patentowe

1. Magnes trwały ze stopu anizotropowego. Ni-Al-Co-Fe, o jednakowych w różnych kierunkach właściwościach magnetycznych, uzyskanych najlepiej po poddaniu go podczas koniecznego dla hartowania magnetycznego procesu chłodzenia działaniu pola magnetycznego, znamieny tym, że stop zawiera 16 — 30% Co, najlepiej 20 — 25%, około 12 — 20% Ni, najlepiej 13 — 17% oraz 6 — 11% Al, najlepiej 7 — 10% i ma wartości $(BH)_{\max}$ co najmniej $2 \cdot 10^6$ (C.G.S.).

2. Magnes trwały według zastrz. 1, znamieny tym, że stop zawiera glin i tytan w łącznej ilości najwyższej około 12%, przy czym zawartość tytanu wynosi najwyższej 5%.
3. Magnes trwały według zastrz. 2, znamieny tym, że stop zawiera 14 — 18% Ni, 22 — 25% Co, 6 — 8% Al i 0,4 — 4% Ti (tabela I, przykład b).
4. Magnes trwały według zastrz. 2, znamieny tym, że stop zawiera 13 — 16,5% Ni, 18,5 — 25% Co, 6,5 — 8,5% Al, 1 — 3% Ti i 1 — 7% Cu (tabela I, przykład c).
5. Magnes trwały według zastrz. 1, znamieny tym, że stop zawiera 12 — 15% Ni, 20 — 27,5% Co, 8 — 8,5% Al i 1,5 — 6,5 % Cu (tabela I, przykład d).
6. Sposób wyrobu anizotropowych magnesów trwałych według zastrz. 1 — 5, według którego stop podczas chłodzenia z wyższej temperatury, np. 1200°C, co jest konieczne dla magnetycznego hartowania, poddaje się działaniu pola magnetycznego, znamieny tym, że działaniu pola magnetycznego poddaje się stop w zakresie między punktem Curie stopu a temperaturą, leżącą około 150°C poniżej punktu Curie.

N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken

Zastępca: Kolegium Rzeczników Patentowych

