

**POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA**



**URZĄD
PATENTOWY
PRL**

OPIS PATENTOWY

109358

Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 25.09.75 (P. 183564)

Pierwszeństwo: 28.09.74 Republika Federalna
Niemiec

Zgłoszenie ogłoszono: 31.07.76

Opis patentowy opublikowano: 15.05.1981

CZYTELNIA

Urzędu Patentowego
Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej

Int. Cl.² C22C 38/14
H02K 1/02

Twórca wynalazku _____

Uprawniony z patentu: Hoesch Werke Aktiengesellschaft, Dortmund
(Republika Federalna Niemiec)

Stal krzemowa przeznaczona na blachy prądnicowe

1

Przedmiotem wynalazku jest stal krzemowa przeznaczona na blachy prądnicowe, którą to stal po obróbce próżniowej w stanie ciekłym walcuje się na gorąco, poddaje trawieniu, walcuje na zimno, a następnie wyżarza się i poddaje odwęglaniu.

Znana jest stal do wytwarzania blachy prądnicowej o grubości 0,35—1 mm, o stratności magnetycznej 1,9—4,0 W/kg, przy działaniu przemennego pola magnetycznego o indukcji magnetycznej 1,0 T i częstotliwości 50 Hz, o zawartości krzemu 1,0—2,0% wagowych, początkowej zawartości węgla większej niż 0,015% wagowych i glinu 0,10—0,50% wagowych. Blachę tę walcuje się na gorąco lub na zimno i następnie wyżarza dla odwęglania i rekrytalizacji w piecu przelotowym, komorowym lub piecu kołpakowym.

Wadą znanej stali jest jej niska wartość indukcji magnetycznej.

W opisie patentowym RFN nr 1 931 420 proponowano zastosowanie stali, poddawanej obróbce próżniowej w stanie ciekłym, zawierającej wagowo mniej niż 0,015% wagowych węgla, 0,05—0,25% wagowych fosforu, przy czym resztę stanowi żelazo i nieuniknione zanieczyszczenia. Stal tę poddaje się walcowaniu na gorąco, trawieniu, walcowaniu na zimno i następnie odwęglą się do zawartości węgla mniejszej niż 0,010% wagowych, w

2

piecu przelotowym, w temperaturze 750—1100°, w ciągu 2—7 minut. W ten sposób uzyskuje się blachę prądnicową o stratności magnetycznej 2,5—4,0 W/kg w przemennym polu magnetycznym o indukcji magnetycznej 1,0 T i częstotliwości 50 Hz. Dla takiej blachy prądnicowej indukcja magnetyczna wzrosła co najmniej o 0,5—1,0 T przy natężeniu przemennego pola magnetycznego 0,05—3,00 A/m i częstotliwości 50 Hz. Zamiast stosowania pieca przelotowego można znanym sposobem wyżarzać stal w zamkniętym piecu nieprzelotowym w temperaturze 650—950°C, w ciągu 30 minut — 24 godzin, uzyskując zawartość węgla mniejszą niż 0,01% wagowych.

Z opisu patentowego RFN nr 1 758 312 znane jest zastosowanie do omawianego celu stali o zawartości węgla mniejszej niż 0,03% wagowych, azotu — mniejszej niż 0,007% wagowych, manganu — mniejszej niż 0,35% wagowych, fosforu mniejszej niż 0,025% wagowych, siarki do 0,020% wagowych i glinu do 0,3% wagowych, przy czym resztę stanowi żelazo oraz nieuniknione zanieczyszczenia, z dodatkiem tytanu i/lub niobu, zgodnie z poniższymi wzorami $\% \text{Ti} \geq 3.0\% (\text{C} + \text{N})$; $\% \text{Nb} \geq 6.0\% (\text{C} + \text{N})$. Przy stalach odlewanych w stanie nieuspokojonym stosuje się podwyższenie zawartości tytanu ponad ilość tytanu przeznaczonego do wiązania zawartości tlenu. Tak wytwarza się blachy odporne na starzenie. Części wytwarzane z nich,

korzystnie tłoczone, są następnie poddawane w krótkim czasie wytwarzaniu końcowemu w piecu przelotowym, a następnie szybkiemu chłodzeniu.

Aby wykorzystać zgmiot możliwy do uzyskania w nowoczesnych zespołach walcowniczych, dla uzyskania korzystnej wartości stratności po 60% walcowaniu na zimno, należy przeprowadzać wyżarzanie międzyoperacyjne i dalsze krytyczne 10—25% walcowane na zimno, z wyżarzaniem końcowym.

W publikacji H. Rachmantio, Uniwersytet Techniczny w Berlinie 1967 rok przedstawiono wyniki badania stali miękkich o zawartości cyrkonu 0,01—0,23%. Stwierdzono znaczne zwiększenie natężenia koercyjnego, jak również i stratności po wyżarzaniu rekrytalizującym w temperaturze 800—1200°C.

Stal krzemowa przeznaczona na blachy prądnicowe zawierająca wagowo 0,004—0,05% węgla, 0,10—4,0% krzemu, mniej niż 0,45% manganu, mniej niż 0,60% aluminium, 0,030—0,250% fosforu, przy czym resztę stanowi żelazo i nieuniknione

zanieczyszczenia, według wynalazku charakteryzuje się tym, że zawiera 0,02—0,2% wagowych cyrkonu.

Zalety blachy prądnicowej ze stali krzemowej według wynalazku polegają na tym, że przy takich samych zawartościach krzemu i glinu, jak w znanych blachach prądnicowych, osiąga się niższą stratność bez zgmiotu krytycznego i bez stosowania wyżarzania międzyoperacyjnego. Aby uzyskać blachę prądnicową o takich własnościach, pierwiastek krzem zastępuje się częściowo pierwiastkiem cyrkon.

Własności stali według wynalazku wyjaśniono bliżej w przykładach wykonania.

W procesie świeżenia, a więc z nadmuchiowaniem tlenu na płynny metal, stapiano próbki stali A-G o różnej zawartości pierwiastków składowych. Następnie próbki stali poddano obróbce próżniowej, przy czym do stali B, C, D, F i G wprowadzono cyrkon. Skład chemiczny stali po obróbce próżniowej przedstawia tablica 1.

Tablica 1
Zawartość pierwiastków w procentach wagowych

Próbki stali	C	Si	Mn	P	S	Al	Zr
A	0,010	1,10	0,25	0,065	0,020	0,25	—
B	0,012	1,08	0,21	0,058	0,018	0,24	0,030
C	0,012	1,10	0,27	0,064	0,013	0,20	0,050
D	0,017	1,28	0,25	0,140	0,019	0,25	0,050
E	0,010	2,0	0,26	0,022	0,019	0,26	—
F	0,014	1,94	0,25	0,098	0,013	0,22	0,05
G	0,018	2,10	0,24	0,092	0,017	0,26	0,09

Próbki stali A-G po przetopieniu i walcowaniu na gorąco na grubość 2,0 mm trawiono w 20% kwasie siarkowym w temperaturze 98°C i następnie w walcowni z pięcioklatkowymi zespołami walcowniczymi, bez wyżarzania międzyoperacyjnego walcowano na zimno do wymiarów ostatecznych 1030 × 0,50 mm. Walcowane na zimno taśmy wyżarzano, przy czym podczas tego procesu następowało odwęglanie i rekrytalizacja, a proces odbywał się w piecu przelotowym, w atmosferze zawierającej 8% H₂ i w uzupełnieniu azot, w temperaturze 900°C ewentualnie 1050°C, a czas przebywania stali w piecu wynosił 2, 3, 4 i 5 minut.

Po wyżarzeniu próbek stali A-G podłużnych i poprzecznych, o grubości 0,50 mm, przy różnych czasach przebywania próbek w piecu przelotowym, zmierzono zawartość węgla w próbkach oraz stratność materiału, przy magnesowaniu w polu magnetycznym o indukcji magnetycznej 1,0 T i częstotliwości 50 Hz. Wyniki pomiarów przedstawiono w tablicach 2 i 3.

Tablica 2
Zawartość węgla [%]

Próbki stali	Czas przebywania próbek w piecu przy temperaturze 900°C [min]				
	1	2	3	4	5
A	0,007	0,003	0,002	0,002	0,002
B	0,007	0,003	0,002	0,002	0,002
C	0,005	0,003	0,002	0,002	0,002
D	0,008	0,005	0,003	0,003	0,003
E	0,005	0,004	0,003	0,003	0,003
F	0,008	0,005	0,003	0,003	0,003
G	0,011	0,009	0,008	0,008	0,007

Z tablicy tej wynika, że przy wyjściowej zawartości węgla mniejszej niż 0,015%, przy temperaturze żarzenia 900°C i przy czasie przebywania próbek w piecu dłuższym od 3 minut, osiąga się zawartość węgla 0,005% i mniej.

Tablica 3
Stratność [W/kg]

Próbki stali	Czas przebywania próbek w piecu przy temperaturze 900°C [min]			
	2	3	4	5
A	2,75	2,6	2,5	2,5
B		2,3	2,3	2,25
C	2,2	1,15	2,0	2,0
D	2,2	2,1	2,0	2,0
E	2,5	2,4	2,4	2,5
F	2,0	2,0	1,85	1,8
G	2,0	2,0	1,9	1,85

Po wyżarzaniu próbek A-G o grubości 0,50 mm w temperaturze 1050°C zmierzono średnie wartości stratności jako średnie dla próbek poprzecznych i podłużnych, przy magnesowaniu w polu magnetycznym o indukcji magnetycznej 1,0 Tesli, przy częstotliwości 50 Hz. Wyniki przedstawiono w tablicy 4.

Tablica 4
Stratność [W/kg]

Próbki stali	Czas przebywania próbek w piecu przy temperaturze 1050°C [min]			
	2	3	4	5
A	2,2	2,2	2,2	2,2
B	2,15	2,1	2,1	2,1
C	2,0	1,9	1,8	1,8
D	2,0	1,9	1,8	1,8
E	1,9	1,9	1,9	1,8
F	1,55	1,5	1,45	1,45
G	1,85	1,6	1,6	1,5

Wyniki pomiarów przedstawione w tablicach 3 i 4 wykazują wyraźnie różnice między próbkami stali A i F bez cyrkonu, w porównaniu z próbkami stali B-D i F-G, do których zgodnie z wynalazkiem wprowadzono cyrkon.

W temperaturze wyżarzania 900°C próbki stali C i D o zawartości cyrkonu 0,05% wagowych mają w stosunku do próbki stali A bez zawartości cyrkonu o 0,55 W/kg niższe wartości stratności już po 2 minutach obróbki cieplnej. Dla próbek stali

F i G w tej temperaturze i również po 2 minutach obróbki, wartość stratności jest mniejsza o 0,5 W/kg, niż w przypadku próbki stali E bez cyrkonu. W podobnym zakresie wielkości mieszczą się wartości stratności także przy dłuższych czasach obróbki. Również w temperaturze 1050°C stratność stali uzyskanych sposobem według wynalazku dla próbek B-D i F, G są niższe w porównaniu do próbek stali A, C i D, po 3 minutach obróbki wynosi 0,3 W/kg, a po 4 minutach 0,4 W/kg. Wartości stratności dla próbek stali F i G po 2 minutach są mniejsze o 0,35 ewentualnie o 0,25 W/kg, po trzech minutach o 0,4 ewentualnie 0,3 W/kg i po 4 minutach 0,45 ewentualnie 0,3 W/kg w porównaniu do wartości dla próbki stali E.

W tablicy 5 podano wyniki pomiarów natężenia koercyjnego dla niektórych próbek stali, z czego wynika, że natężenie koercyjne maleje wraz ze wzrostem zawartości cyrkonu, co jest korzystne dla tego rodzaju blachy. Natężenie pola magnetycznego koercji mierzono w A/m.

Tablica 5

Natężenie koercyjne ($\frac{A}{m}$)

Próbki stali	Czas przebywania próbek w piecu przy temperaturze 900°C [min]	
	2	3
E	113,60	104,00
F	91,20	76,80
G	81,60	74,40

Są to próbki odpowiadające próbkom stali według tablicy 3.

Zastrzeżenie patentowe

Stal krzemowa przeznaczona na blachy prądnicowe, zawierająca wagowo 0,004—0,05% węgla, 0,10—4,0% krzemu, mniej niż 0,45% manganu, mniej niż 0,60% aluminium, 0,030—0,250% fosforu, reszta żelazo i nieuniknione zanieczyszczenia, **znamienna tym**, że zawiera 0,02—0,2% wagowych cyrkonu.