



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 15.06.77 (P. 198885)

Pierwszeństwo: 17.06.76 Stany Zjednoczone
Ameryki

Zgłoszenie ogłoszono: 13.02.78

Opis patentowy opublikowano: 16.08.1982

Int. Cl.² C21D 1/78
H01F 1/04

CZYTELNIA

Urząd Patentowy
Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej

Twórcy wynalazku: Jack Walther Shilling, Amitava Datta, Frank Angelo Malagari

Uprawniony z patentu: Allegheny Ludlum Industries, Inc., Pittsburgh
(Stany Zjednoczone Ameryki)

Sposób wytwarzania elektromagnetycznej stali krzemowej

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania elektromagnetycznej stali krzemowej o zorientowanej teksturze Gossa.

Znany sposób wytwarzania elektromagnetycznej stali krzemowej o zorientowanej teksturze Gossa, z zastosowaniem zawierającej wodór atmosfery o punkcie rosy 266—289 K podczas końcowego wyżarzania normalizująco-odwęglającego, wykazuje pewne niedogodności i w rezultacie takiego procesu normalizowania uzyskuje się stal niepodatną na tworzenie powłok podstawowych.

Celem wynalazku jest zapobiegnięcie wymienionym niedogodnościom. Cel ten osiągnięto przez opracowanie sposobu wytwarzania stali krzemowej o zorientowanej teksturze Gossa, wykazującej w polu magnetycznym o natężeniu 796 A/m, przenikalność magnetyczną wynoszącą co najmniej 0,00235 H/m, w którym stopioną stal krzemową zawierającą 0,02—0,06% węgla, 0,0006—0,0080% boru, do 0,01% azotu, nie więcej niż 0,008% glinu i 2,5—4,0% krzemu, odlewa się wlewek, walcuje się wlewek na gorąco na taśmę, walcuje się taśmę na zimno w jednym lub więcej przepustach, wyżarza się normalizująco między kolejnymi przepustami walcowania na zimno, walcowaną na zimno taśmę o grubości końcowej, poddaje się wyżarzaniu normalizująco-odwęglającemu przez okres czasu wystarczający na zmniejszenie zawartości węgla w stali do poniżej 0,005%, regulując czas tak, aby w

2

warstwie powierzchniowej o grubości 10 μ m znajdowało się co najmniej 320 części na milion tlenu w przeliczeniu na całkowitą wagę stali, pokrywa się taśmę ogniotrwałą tlenkową powłoką podstawową i teksturuje się przez końcowe wyżarzanie. Zgodnie z wynalazkiem wyżarzanie normalizująco-odwęglające przeprowadza się w temperaturze 978—1366 K, w zawierającej wodór atmosferze o punkcie rosy 266—316 K.

Korzystnie, stopiona stal zawiera co najmniej 0,0008% boru.

Sposoby wytwarzania stali krzemowych z zastosowaniem w procesie obróbki wilgotnej atmosfery odwęglającej, są znane z opisów patentowych St. Zjedn. Am. nr nr 3 905 842, 3 905 843, 3 957 546 i 3 837 381.

Ponieważ odwęglanie przebiega najwydajniej w temperaturze około 1075 K, korzystnie wyżarzanie normalizująco-odwęglające prowadzi się w temperaturze 1033—1089 K.

Zgodnie z niniejszym wynalazkiem w powierzchniowej warstwie o grubości 10 μ m szczególnie ważna jest zewnętrzna warstwa o grubości 5 μ m, obejmująca zgorzelinę powstałą w czasie końcowego wyżarzania normalizująco-odwęglającego. Tlen obecny w zgorzelinie w postaci tlenków konieczny jest dla nadania powierzchni stali podatności na tworzenie szerokiej gamy powłok podstawowych. Uzyskuje się to zwiększając czas trwa-

nia wyżarzania normalizująco-odwęglającego poddając stal w krótkim okresie czasu działaniu wyższych temperatur lub stosując inny dowolny sposób który jest oczywisty dla fachowca. Korzyści płynącej z tworzenia się tlenków przeciwstawić należy konieczność uzyskania dobrych właściwości magnetycznych.

Właściwości magnetyczne stali wytwarzanej ze stopionych stali zawierających bor polepszają się, gdy wyżarzanie normalizująco-odwęglające prowadzi się w zawierającej wodór atmosferze o punkcie rosy, korzystnie 278—303 K. Przy użyciu wysokich wartości punktów rosy pozbawia się boru zawierającą bor stal, zmniejszając jego działanie inhibujące, powoduje to pogorszenie właściwości magnetycznych. Walcowaną na zimno stal poddaje się wyżarzaniu normalizująco-odwęglającemu w temperaturze 978—1366 K, przez okres 10—600 s. Zawierająca wodór atmosfera, w której prowadzi się wyżarzanie normalizująco-odwęglające składać się może tylko z wodoru lub z wodoru i azotu. Z powodzeniem stosowano mieszaninę gazów zawierającą 80% azotu i 20% wodoru.

W procesie obróbki taśmę stalową pokrywa się ogniotrwałą tlenkową powłoką podstawową, która zawiera co najmniej 50% MgO.

bości nie większej niż 0,51 mm bez wyżarzania międzyoperacyjnego między przepustami walcowania na zimno.

Szczególnie korzystne, według wynalazku, stale zawierają wagowo 0,2—0,06% węgla, 0,015—0,15% manganu, 0,01—0,05% pierwiastka z grupy obejmującej siarkę i selen, 0,0006—0,0080% boru, do 0,01% azotu, 2,5—4,0% krzemu, do 1,0% miedzi, nie więcej niż 0,008% glinu i żelazo jako pozostałość.

Korzystnie stopiona stal zawiera co najmniej 0,0008% boru. Przenikalność magnetyczna stali otrzymanej według niniejszego wynalazku wynosi w polu magnetycznym o natężeniu 796 A/m co najmniej 0,00235 H/m.

Szczególne cechy niniejszego wynalazku ilustrują podane niżej przykłady.

Przykład I. Próbkę trzech wlewków A, B i C ze stali krzemowej normalizowano w temperaturze 1075 K przez około 300 s, przy punkcie rosy wynoszącym 272—311 K. Skład chemiczny wlewków podano w tablicy 1.

Określono zawartość tlenu w zgorzelinie dla próbek pochodzących z każdego wlewka. Wyniki tych badań wraz z warunkami panującymi podczas wyżarzania normalizująco-odwęglającego podano w tablicy 2.

Tablica 1

Wlewk	C	Mn	S	B	N	Si	Cu	Al	Fe
A	0,038	0,039	0,020	0,0009	0,0041	3,17	0,36	0,005	pozostałość
B	0,030	0,034	0,020	0,0011	0,0045	3,12	0,35	0,004	pozostałość
C	0,043	0,035	0,020	0,0009	0,0049	3,24	0,34	0,004	pozostałość

Do zakresu niniejszego wynalazku należy także sposób obróbki cieplnej walcowanej na gorąco taśmy.

Korzystnie walcowaną na gorąco taśmę o grubości 1,27—3,05 mm walcuje się na zimno do gru-

Tablica 2

Próbka	Punkt rosy podczas normalizowania (K)	Atmosfera normalizująca (%)	Ilość tlenu* w zgorzelinie (część na milion)
A ₁	272	H ₂	49
A ₂	283	80 N ₂ — 20 H ₂	197
A ₃	311	80 N ₂ — 20 H ₂	349
B ₁	272	H ₂	26
B ₂	283	80 N ₂ — 20 H ₂	152
B ₃	311	80 N ₂ — 20 H ₂	328
C ₁	272	H ₂	24
C ₂	283	80 N ₂ — 20 H ₂	172
C ₃	311	80 N ₂ — 20 H ₂	360

* — w przeliczeniu na całkowitą wagę stali (tablica 2)

Tablica 3

Próbka	Ilość tlenu* w zgorzelinie (część na milion)	Powłoka
A ₁	49	odsłonięta
A ₂	197	cienka i porowata
A ₃	349	matowa
B ₁	26	odsłonięta
B ₂	152	cienka i porowata
B ₃	328	matowa
C ₁	24	odsłonięta
C ₂	172	cienka i porowata
C ₃	360	matowa

* — w przeliczeniu na całkowitą wagę stali

Ponieważ wysokojakościowa powłoka podstawowa powinna być matowa, oczywiste jest, że tylko powłoki A₃, B₃ i C₃ wykazują podatność na tworzenie powłoki podstawowej na bazie MgO mającej dobrą jakość. Znamienny jest fakt, że w zgorzelinie wszystkich tych próbek znajdowało się ponad 320 części na milion tlenu w przeliczeniu na całkowitą wagę stali.

Z drugiej strony próbki A₂, B₂ i C₂ zdolne były do wytworzenia jedynie cienkich i porowatych powłok podstawowych, a próbki A₁, B₁ i C₁ do wytworzenia odsłoniętych powłok podstawowych. Zgorzelina każdej z próbek A₂, B₂ i C₂ zawierała poniżej 200 części na milion w przeliczeniu na całkowitą wagę stali, a zgorzelina każdej z próbek A₁, B₁ i C₁ poniżej 50 części na milion w przeliczeniu na całkowitą wagę stali.

Przykład II. Dwa wlewki D i E stopiono i wykonano z nich cewki ze stali krzemowej o zorientowanej teksturze Gossa, wykazującej wysoką przenikalność magnetyczną. Skład chemiczny wlewów podano w tablicy 4.

Po wyżarzeniu normalizująco-odwęglającym zawartość węgla we wlewkach wynosiła poniżej 0,005%.

Zbadano zawartość tlenu w zgorzelinie cewek poddanych wyżarzaniu normalizująco-odwęglającemu. Wyniki tych badań oraz ocenę utworzonych powłok podstawowych podano w tablicy 6.

Tablica 6

Wlew	Ilość tlenu* w zgorzelinie (część na milion)	Powłoka
D	258	nierównomierna, bardzo cienka i porowata, obszary przebarwione
E	370	równomierna, przeważnie matowa

* — w przeliczeniu na całkowitą wagę stali

Tablica 4

Skład (% wagowe)

Wlew	C	Mn	S	B	N	Si	Cu	Al	Fe
D	0,030	0,035	0,020	0,0009	0,0044	3,22	0,36	0,004	pozostałość
E	0,030	0,035	0,019	0,0011	0,0046	3,22	0,36	0,004	pozostałość

Sposób obróbki wlewów obejmował kilkugodzinne wygrzewanie w podwyższonej temperaturze, walcowanie na gorąco do nominalnej grubości wynoszącej 2,03 mm, wyżarzanie normalizujące walcowanej na gorąco taśmy w temperaturze około 1222 K, walcowanie na zimno do końcowej grubości, wykonywanie cewki, wyżarzanie normalizująco-odwęglające w atmosferze zawierającej 80% N₂ i 20% H₂, pokrywanie ogniotrwałą tlenkową powłoką podstawową na bazie MgO i teksturowanie na drodze końcowego wyżarzania w atmosferze wodoru, przy maksymalnej temperaturze wyżarzania 1450 K. Wyżarzanie normalizująco-odwęglające prowadzono dwustopniowo stosując warunki podane w tablicy 5.

Charakterystyczne jest, że wysokojakościowa powłoka podstawowa utworzyła się na cewce z wlewka E, w której zgorzelinie znajdowało się 370 części na milion tlenu w przeliczeniu na całkowitą wagę stali, a nie na cewce z wlewka D, której zgorzelina zawierała jedynie 258 części na milion tlenu w przeliczeniu na całkowitą wagę stali.

Jak stwierdzono już powyżej, zgodnie z niniejszym wynalazkiem w powierzchniowej warstwie stali o grubości 10 μm znajdować się musi co najmniej 320 części na milion tlenu w przeliczeniu na całkowitą wagę stali. Cewki z wlewów D i E poddano następnie badaniom na przenikalność magnetyczną i straty w rdzeniu. Wyniki tych badań podano w tablicy 7.

Tablica 5

Wlew	Pierwszy stopień			Drugi stopień		
	temperatura (K)	czas (s)	punkt rosy (K)	temperatura (K)	czas (s)	punkt rosy (K)
D	1075	120	259	1075	120	283
E	1075	120	283	1075	120	283

Tablica 7

Wlew	Straty w rdzeniu (waty/kg przy indukcji magnetycznej 1,7 T)	Przenikalność magnetyczna H/m (w polu magnetycznym o natężeniu 796 A/m)
D	wewnątrz 1,456 na zewnątrz 1,628	0,00240 0,00238
E	wewnątrz 1,562 na zewnątrz 1,612	0,00237 0,00236

Z danych zamieszczonych w tablicy 7 wynika, że właściwości magnetyczne cewki wykonanej z wlewka D są lepsze od właściwości magnetycznych cewki z wlewka E. Poddana wyżarzaniu normalizująco-odwęglającemu cewka D nie wytworzyła jednak ogniotrwałej tlenkowej powłoki podstawowej na bazie MgO wykazującej wysoką jakość.

Sposób wg wynalazku prowadzi do otrzymania stali krzemowej o wysokiej przenikalności magnetycznej z zawierającej bor stali stopionej, pozwala jednocześnie uzyskać na stali powłoki podstawowe o dobrej jakości.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wytwarzania elektromagnetycznej stali krzemowej o zorientowanej teksturze Gossa, wykazującej w polu magnetycznym o natężeniu 796 A/m przenikalność magnetyczną wynoszącą co najmniej 0,00235 H/m, polegający na tym, że stopioną stal krzemową zawierającą 0,02—0,06% węgla, 0,0006—0,0080% boru, do 0,01% azotu, nie więcej niż 0,008% glinu i 2,5—4,0% krzemu, odlewa się wlewk, walcuje się wlewk na gorąco na taśmę, walcuje się taśmę na zimno w jednym lub więcej przepustach, wyżarza się normalizująco między kolejnymi przepustami walcowania na zimno, walcowaną na zimno taśmę o grubości końcowej poddaje się wyżarzaniu normalizująco-odwęglającemu przez okres czasu wystarczający na zmniejszenie zawartości węgla w stali do poniżej 0,005%, regulując czas tak, aby w powierzchniowej warstwie o grubości 10 μ m znajdowało się co najmniej 320 części na milion tlenu w przeliczeniu na całkowitą wagę stali, pokrywa się taśmę ogniotrwałą tlenkową powłoką podstawową i teksturuje się przez

końcowe wyżarzanie, **znamienny tym**, że wyżarzanie normalizująco-odwęglające przeprowadza się w temperaturze 978—1366 K, w zawierającej wodór atmosferze o punkcie rosy 266—316 K.

2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że stosuje się stopioną stal zawierającą korzystnie co najmniej 0,0008% boru.

3. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że wyżarzanie normalizująco-odwęglające prowadzi się korzystnie w temperaturze 1033—1089 K.

4. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że wyżarzanie normalizująco-odwęglające prowadzi się w zawierającej wodór atmosferze o punkcie rosy, korzystnie 278—303 K.

5. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że wyżarzanie normalizująco-odwęglające prowadzi się przez okres 10—600 s.

6. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że jako zawierającą wodór atmosferę stosuje się wodór i azot.

7. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że stosuje się ogniotrwałą powłokę tlenkową zawierającą co najmniej 50% MgO.

8. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że walcowaną na gorąco taśmę o grubości 1,27—3,05 mm walcuje się na zimno do grubości nie przekraczającej 0,51 mm bez wyżarzenia międzyoperacyjnego między przepustami walcowania na zimno.

9. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że stosuje się stopioną stal zawierającą dodatkowo 0,015—0,15% manganu, 0,01—0,05% pierwiastka z grupy obejmującej siarkę i selen i do 1,0% miedzi.

10. Sposób według zastrz. 9, **znamienny tym**, że stosuje się stopioną stal zawierającą korzystnie co najmniej 0,0008% boru.