



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 17.05.80 (P. 224 318)

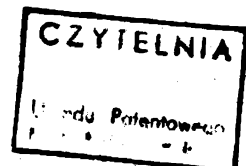
Pierwszeństwo: 21.05.79 Stany Zjednoczone
Ameryki

Zgłoszenie ogłoszono: 13.02.81

Opis patentowy opublikowano: 30.04.1984

Int. Cl³

C22C 38/02
H01F 1/04



Twórcy wynalazku: Frank Angela Malagari, Richard Paul Schrecongost

Uprawniony z patentu: Allegheny Ludlum Steel Corporation, Pittsburgh,
Pensylwania (Stany Zjednoczone Ameryki)

Sposób wytwarzania stali krzemowej o teksturze Gossa

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania stali krzemowej o teksturze Gossa.

Wytwarzanie stali krzemowej, o zorientowanych ziarnach, których rozrost został ograniczony przez domieszki boru, jest znane między innymi z opisów patentowych Stanów Zjednoczonych Ameryki nr nr 3905842, 3905843, 3957546, 4000015, 4054470, 4079952, 4102713, 4113529, 4115161 oraz 4123299.

Znane są sposoby wytwarzania stali krzemowej o teksturze Gossa polegające na tym, że wytapia się stal krzemową, zawierającą wagowo od 0,02% do 0,06% węgla, od 0,015% do 0,15% manganu, od 0,0006% do 0,0080% boru, od 2,5% do 4,0% krzemu, oraz resztę żelaza, odlewa się stal w znany sposób, walcuje się stal na gorąco, walcuje się stal na zimno w jednym albo kilku przejściach, na taśmę o grubości do 0,5 mm, poddaje się stal obróbce cieplnej odwęglającej, nakłada się na stal powłokę na bazie tlenku trudno topliwego, oraz poddaje się stal ostatecznemu wyżarzaniu, nadającemu stali teksturę Gossa. Korzystnie taśmę walcowaną na gorąco poddaje się obróbce cieplnej.

Chociaż możliwe jest wyżarzanie pośrednie stali pomiędzy przejściami walcowania na zimno, korzystnie walcuje się stal na zimno na grubość ostateczną w jednym przejściu, poddając walcowaniu taśmą walcowaną na gorąco, o grubości około 1,2 mm do około 2,7 mm.

Celem wynalazku jest opracowanie sposobu wytwarzania stali krzemowej o teksturze Gossa, o po-

2

lepszych właściwościach magnetycznych oraz o polepszonej spawalności.

Cel wynalazku osiągnięto przez opracowanie sposobu wytwarzania stali krzemowej o teksturze Gossa, polegającego na wytapianiu stali zawierającej wagowo do 0,0045% azotu, do 0,0065% fosforu i od 0,005% do 0,019% siarki. Korzystnie wytop stali zawiera do 0,0040% azotu i do 0,0060% fosforu.

Stal wytwarzana sposobem według wynalazku wykazuje przenikalność magnetyczną równą co najmniej 2348×10^{-6} H/m przy 800 A/m, stratność rdzenia nieprzekraczającą 1,54 W/kg przy 1,7 T, przy częstotliwości 60 Hz. W zakresie niniejszego wynalazku mieszczą się stale wykazujące przenikalność magnetyczną rzędu 2374×10^{-6} H/m przy 800 A/m, oraz stratność rdzenia nie większą niż 1,50 W/kg przy 1,7 T, przy częstotliwości 60 Hz.

Korzystnie zawartość azotu nie przekracza 0,0045%, zaś zawartość fosforu nie przekracza 0,0065%, ponieważ oba te pierwiastki wpływają ujemnie na spawalność stali. Stwierdzono, że spawalność stali zawierającej poniżej 0,0065% fosforu jest lepsza niż spawalność stali zawierającej ponad 0,0065% fosforu podobnie jak spawalność stali zawierającej mniej niż 0,0045% azotu jest lepsza niż spawalność stali zawierającej więcej niż 0,0045% azotu. Korzystnie reguluje się zawartość fosforu na poziomie poniżej 0,0060%. Zawartość azotu reguluje się korzystnie na poziomie poniżej 0,0040%.

Zawartością azotu i siarki steruje się również

w celu poprawienia właściwości magnetycznych stali. Stal wytwarzana z wytopów zawierających poniżej 0,0045% azotu ma lepsze właściwości magnetyczne niż stal wytwarzana z wytopów zawierających więcej niż 0,0045% azotu. W celu utrzymania podwyższonych właściwości magnetycznych zawartość siarki w wytopie utrzymuje się w zakresie od 0,005% do 0,019%.

Wynalazek został zilustrowany załączonymi przykładami.

Przykład I. Taśmy ze stali krzemowej walcowane na gorąco poddano spawaniu łukiem krytym z taśmami o podobnym składzie chemicznym. Zespawane taśmy poddano procesowi walcowania na zimno, stosowanemu przy obróbce stali krzemowych. Taśmy przygotowano z wytopów o zawartości węgla, manganu, siarki, boru, azotu i krzemu w zakresach stosowanych w wynalazkach wymienionych w stanie techniki. Przygotowano również taśmy z wytopów o składzie według niniejszego wynalazku.

Określono wartość współczynnika trwałości spoiny w funkcji stopionego fosforu. Wyniki zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Zawartość fosforu (%)	Współczynnik trwałości spoiny (%)
0,0060 albo mniej	65,2
0,0065 albo mniej	60,3
0,0070 albo mniej	41,4
0,0100 albo mniej	26,0

Zgodnie z zasadami niniejszego wynalazku współczynnik trwałości spoiny wzrastał w miarę zmniejszania się zawartości fosforu. Przy zawartości fosforu równej 0,0100% albo mniejszej przetrwało tylko 26% spoin, zaś przy zawartości fosforu równej 0,0070% albo mniejszej przetrwało 41,4% spoin.

Natomiast przy zawartości fosforu równej 0,0060% albo mniejszej przetrwało 65,2% spoin, zaś przy zawartości fosforu równej 0,0065% albo mniejszej przetrwało 60,3% spoin. Z tabeli 2 wynika, że tylko 14,6% spoin przetrwało spośród spoin wytwarzanych z taśm o zawartości fosforu w zakresie od 0,0065% do 0,0070%, zaś przy zawartości fosforu w zakresie od 0,0060% do 0,0065% przetrwało 59,5% spoin.

Tabela 2

Współczynnik trwałości spoiny (%)	Zawartość fosforu (%)
0,0060—0,0065	59,5
0,0065—0,0070	14,6

Przykład II. Współczynnik trwałości spoin taśm walcowanych na zimno zgodnie z przykładem I zbadano w funkcji zarówno zawartości stopionego fosforu jak i zawartości stopionego azotu. Rezultaty zestawiono w tabeli 3.

Tabela 3

Zawartość fosforu (%)	Zawartość azotu (%)	Współczynnik trwałości spoiny (%)
0,0065 albo mniej	0,0045 albo mniej	65,8
0,0065 albo mniej	0,0040 albo mniej	80,0
0,0060 albo mniej	0,0045 albo mniej	68,9
0,0060 albo mniej	0,0040 albo mniej	80,00

Zgodnie z zasadami niniejszego wynalazku współczynnik trwałości spoiny zwiększa się przy zmniejszeniu się zawartości azotu. Współczynnik trwałości spoin był wyższy dla taśm mających niską zawartość zarówno fosforu jak i azotu, w stosunku do taśm mających tylko niską zawartość fosforu.

Dla taśm o zawartości fosforu równej 0,0065% albo mniejszej oraz zawartości azotu równej 0,0045% albo mniejszej współczynnik trwałości spoin wynosił 65,8%, zaś dla taśm o zawartości fosforu równej 0,0060% albo mniejszej i zawartości azotu równej 0,0045% albo mniejszej współczynnik trwałości spoin wynosił 68,9%, natomiast zgodnie z tablicą 1 dla wytopów o zawartości azotu równej około 0,0065% współczynniki trwałości spoin wynoszą 60,3% do 65,2%. Przy zawartości azotu poniżej 0,0040% i zawartości fosforu równej 0,0065% albo mniejszej albo 0,0060% albo mniejszej, współczynnik trwałości spoin wynosił 80%.

Tabela 4

Zawartość fosforu (%)	Zawartość azotu (%)	Współczynnik trwałości spoiny (%)
0,0065 albo mniej	0,0035—0,0045	59,4
0,0065 albo mniej	0,0045—0,0055	46,7

Tabela 4 wykazuje, że współczynnik trwałości spoiny wzrasta przy zmniejszeniu zawartości azotu. Przy zawartości fosforu poniżej 0,0065% i zawartości azotu od 0,0045% do 0,0055% współczynnik trwałości spoiny wynosił tylko 46,7%, natomiast przy zawartości fosforu poniżej 0,0065% i zawartości azotu od 0,0035% do 0,0045% współczynnik trwałości wynosił 59,4%.

Przykład III. Przygotowano wytopy stali krzemowej, z których po odlaniu i obróbce uzyskano stal krzemową o teksturze Gossa. Obróbka stali obejmowała wygrzewanie w podwyższonej temperaturze przez wiele godzin, walcowanie na gorąco na grubość rzędu 2 mm, wyżarzanie normalizujące taśmy walcowanej na gorąco, walcowanie na zimno taśmy na grubość ostateczną rzędu 0,3 mm, obróbkę cieplną w temperaturze 800°C, powlekanie stali powłoką na bazie tlenku trudno topliwego oraz

ostateczne wyżarzanie teksturyzujące w maksymalnej temperaturze 1175°C w atmosferze wodoru.

Wytopy sklasyfikowano w grupach A albo B w zależności od stratności rdzenia. Do grupy A zaliczono wytopy, w których co najmniej 50% taśm wykazywała stratność rdzenia równą albo mniejszą niż 1,554 W/kg przy 1,7 T, przy częstotliwości 60 Hz. Wytopy w grupie B miały co najmniej 50% taśm o stratności rdzenia większej niż 1,554 W/kg.

Przeprowadzono analizę zawartości siarki w wytopach. W jedenastu wytopach sprawdzono zawartość siarki w obu końcach zwojów taśmy, zaś w trzech wytopach zbadano zawartość siarki w jednym końcu zwoju taśmy. Wyniki w postaci zestawienia stratności rdzenia w funkcji zawartości siarki w końcówkach zwoju taśmy zestawiono w tabeli 5.

Tabl. 5 uzasadnia korzyści płynące z regulowania zawartości siarki. Wszystkie końcówki próbek o zawartości siarki do 0,019% zostały zaliczone do grupy A to znaczy wykazywały stratność rdzenia równą albo mniejszą niż 1,554 W/kg przy 1,7 T przy częstotliwości 60 Hz. Natomiast dziewięć spośród trzynastu próbek mających zawartość siarki w końcówkach powyżej 0,019% zaliczono do grupy B.

Przykład IV. Przygotowano wytopy stali krzemowej, z których po odlaniu i odpowiedniej obróbce uzyskano próbki o teksturze Gossa. Obróbka próbek obejmowała wygrzewanie w podwyższonej temperaturze przez wiele godzin, walcowanie na gorąco na grubość rzędu 2 mm, wyżarzanie normalizujące taśmy walcowanej na gorąco, walcowanie na zimno na grubość ostateczną około 0,3 mm, obróbkę cieplną w temperaturze 800°C, powlekanie stali powłoką na bazie tlenku trudno topliwego oraz ostateczne wyżarzanie teksturyzujące stali w maksymalnej temperaturze 1175°C w atmosferze wodoru.

Próbki w postaci zwojów uzyskane z kolejnych wytopów sklasyfikowano pod względem stratności rdzenia. Przeprowadzono analizę 157 zwojów. Wyniki analizy w postaci zestawienia ilości zwojów zaliczonych do poszczególnych klas pod względem stratności rdzenia, przy odpowiedniej zawartości azotu, zestawiono w tabeli 6.

Tabela 6 uzasadnia celowość regulowania zawartości azotu. Osiem procent zwojów mających zawartość stopionego azotu równą albo mniejszą niż 0,0045% wykazywało stratność rdzenia równą albo mniejszą niż 1,465 W/kg, natomiast 47% zwojów wykazywało stratność rdzenia równą albo mniejszą niż 1,554 W/kg. Jednocześnie tylko 10% zwojów mających zawartość stopionego azotu równą albo większą niż 0,0046% wykazywało stratność rdzenia równą albo mniejszą niż 1,554 W/kg, zaś 0% zwojów miała stratność rdzenia równą albo mniejszą niż 1,465 W/kg.

Przykład V. Przygotowano wytopy A, B i C, z których po odlaniu i obróbce uzyskano stal krzemową o teksturze Gossa. Skład chemiczny wytopów został zestawiony w tabeli 7.

Obróbka wytopów obejmowała wygrzewanie w podwyższonej temperaturze przez wiele godzin, walcowanie na gorąco na grubość rzędu 2 mm, wyżarzanie normalizujące taśmy walcowanej na gorąco, spawanie ze sobą taśm walcowanych na gorąco, wyżarzanie normalizujące taśm walcowanych na gorąco, walcowanie na zimno taśmy na grubość ostateczną około 0,3 mm, obróbkę cieplną w temperaturze 800°C, powlekanie stali powłoką na bazie tlenku trudno topliwego, oraz poddawanie stali ostatecznemu wyżarzaniu teksturyzującemu w maksymalnej temperaturze 1175°C w atmosferze wodoru.

Spoiny wszystkich wytopów przetrwały walcowanie na zimno. Wszystkie wytopy miały zawartość

Tabela 5

Grupa	Ilość próbek	Zawartość siarki w końcówkach zwojów (w %)							
		0,017	0,018	0,019	0,020	0,021	0,022	0,023	0,024
A	16	3	4	5	1	3	0	0	0
B	9	0	0	0	5	2	1	0	1

Tabela 6

N ₂ (%)	Ilość zwojów	Stratność rdzenia (W/kg) przy 1,7 T)						
		≤ 1,399	≤ 1,465	≤ 1,554	≤ 1,642	≤ 1,686	≤ 1,841	≤ 1,843
≤ 0,0045	109	2	6	39	28	8	8	9
≤ 0,0046	48	0	0	10	17	17	35	23

Tabela 7

Wytop	Skład (% wagowe)										
	C	Mn	S	B	N	Si	Cu	Al	P	Sn	Fe
A	0,03	0,035	0,016	0,0010	0,0037	3,15	0,34	0,003	0,005	0,039	Reszta
B	0,031	0,036	0,015	0,0013	0,0038	3,09	0,35	0,003	0,006	0,039	Reszta
C	0,039	0,035	0,106	0,0011	0,0034	3,17	0,35	0,003	0,005	0,041	Reszta

fosforu poniżej 0,0065% oraz zawartość azotu poniżej 0,0045%.

Średnie właściwości magnetyczne, takie jak stratność rdzenia oraz przenikalność magnetyczna, dla wytopów, zostały zestawione w tabeli 8.

Tabela 8

Wytop	Stratność rdzenia (W/kg przy 1,7 T)	Przenikalność magnetyczna ($\times 10^{-6}$ /H/m) przy 800 A/m
A	1,452	2401
B	1,452	2392
C	1,456	2383

Z tabeli 8 wynika, że stal wykonana sposobem według niniejszego wynalazku wykazuje doskonałe właściwości magnetyczne.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wytwarzania stali krzemowej o teksturze Gossa, w którym wytapia się stal krzemową, zawierającą wagowo od 0,02% do 0,06% węgla, od 0,015% do 0,15% manganu, od 0,0006% do 0,0080% boru, od 2,5% do 4% krzemu, do 1,0% miedzi, do 0,1% cyny, do 0,009% aluminium oraz resztę żelaza, odlewa się stal, walcuje się stal na gorąco, spawa się stalową taśmę z drugą taśmą stalową o podobnym składzie chemicznym, walcuje się stal na zimno na grubość do 0,5 mm, poddaje się stal obróbce cieplnej odwęglającej, nakłada się na stal powłokę na bazie tlenku trudno topliwego oraz poddaje się stal ostatecznemu wyżarzaniu, nadającemu stali teksturę Gossa, **znamienny tym**, że stosuje się stal zawierającą wagowo do 0,0045% azotu, do 0,0065% fosforu i od 0,005% do 0,019% siarki.
2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że stosuje się stal zawierającą do 0,0040% azotu.
3. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że stosuje się stal zawierającą do 0,0060% fosforu.
4. Sposób według zastrz. 3, **znamienny tym**, że stosuje się stal zawierającą do 0,0040% azotu.