



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K PATENTU

216654
(11) (B2)

(51) Int. Cl.³
C 21 D 1/28

(22) Přihlášeno 17 06 77

(21) (PV 4020-77)

(32) (31) (33) Právo přednosti od 17 06 76
(696966) Spojené státy americké

(40) Zveřejněno 28 11 80

(45) Vydáno 15 12 84

(72) :
Autor vynálezu

SHILLING JACK WALTHER, MONROEVILLE, DATTA AMITAVA,
PITTSBURGH a MALAGARI FRANK ANGELO, FREEPORT (Sp. st. a.)

(73) :
Majitel patentu

ALLEGHENY LUDLUM STEEL CORPORATION, PITTSBURGH (Sp. st. a.)

(54) Způsob výroby elektromagnetické křemíkové oceli

1

2

Způsob výroby elektromagnetické křemíkové oceli, mající orientaci krychle na hranu a permeabilitu $2,350 \cdot 10^{-3} \text{ H.m}^{-1}$ při 795 A.m^{-1} , při němž se připraví tavenina oceli obsahující uhlík, bor, dusík, hliník a křemík, odlíje se, válcuje za studena, normalizuje, nanese se na ni žáruvzdorný kysličníkový základní povlak a žíhá na konečnou strukturu. Normalizuje se v atmosféře obsahující vodík o rosném bodu od $-6,6$ do $43,4^\circ \text{C}$, obsah uhlíku se sníží pod $0,005\%$ a v rozsahu 10 mikrometrů od povrchu oceli se vytvoří pásma obsahující alespoň 320 dílů na milión kyslíku, čímž se základní žáruvzdorný kysličníkový povlak učiní neprůhledný.

Vynález se týká způsobu výroby elektromagnetické křemíkové oceli mající orientaci krychle na hranu.

US patent č. 4 030 950 se týká velmi účinného způsobu výroby elektromagnetické křemíkové oceli mající orientaci krychle na hranu. Přesto však se při použití tohoto způsobu vyskytují určité nedostatky. Použitím vodíkové atmosféry, která má rosný bod $-6,6$ až 16 °C během konečného normalizačně-oduhlčovacího stadia zpracování se tímto způsobem získá normalizovaná ocel, která není vhodná pro tvorbu určitých základních povlaků.

Tyto nedostatky jsou ve značné míře odstraněny způsobem výroby elektromagnetické oceli podle vynálezu. Vynález se vztahuje na způsob výroby elektromagnetické křemíkové oceli, mající orientaci krychle na hranu a permeabilitu nejméně $2,350 \cdot 10^{-3} \text{ H.m}^{-1}$ při 795 A.m^{-1} , při němž se připraví tavenina křemíkové oceli, obsahující v hmotnostní koncentraci $0,02$ až $0,06$ % uhlíku, $0,0006$ až $0,0080$ % boru, do $0,0100$ proc. dusíku, do $0,008$ % hliníku a $2,5$ až $4,0$ % křemíku, ocel se odlije, válcuje za studena, tato za studena válcovaná ocel se podrobí konečné normalizaci při teplotě od 705 do 1093 °C, výhodně od 760 do 804 °C, nanese se žáruvzdorný kysličníkový základní povlak a ocel se žihá na konečnou strukturu.

Podstata vynálezu spočívá v tom, že se normalizace provádí v atmosféře obsahující vodík, o rosném bodu od $-6,6$ do $43,4$ °C, výhodně od 4 do 30 °C, obsah uhlíku v oceli se sníží na hodnotu pod $0,005$ % a v oceli se v rozsahu 10 mikrometrů od jejího povrchu vytvoří pásma obsahující alespoň 320 dílů na milión kyslíku vztaheno na celkovou hmotnost oceli, čímž se základní žáruvzdorný kysličníkový povlak učiní neprůhledným.

Způsobem podle vynálezu se získá ocel, která má základní povlak o vysoké jakosti, přičemž má zároveň velmi dobré magnetické vlastnosti, zejména magnetickou permeabilitu a nízké ztráty v jádru. Tyto příznivé účinky způsobu podle vynálezu vysvětlí zejména z dále uvedených tabulek.

Oproti US patentu č. 3 873 381, předložený vynález nepoužívá mokrou oduhlčovací atmosféru a oproti US patentu č. 3 905 842, 3 905 843 a 3 957 546 předložený vynález specificky kontroluje změny času, teploty a rosného bodu, aby se vyrobila ocel mající nejméně 320 dílů na milión kyslíku, jak je shora uvedeno.

Způsob výroby není závazný a lze jej změnit za kterýkoliv známý včetně US patentu 2 867 557 nebo jiného shora uvedeného patentu. Dále výraz odlévání zahrnuje i plynulé liti. Tepelné zpracování za tepla válcovaného pásu je rovněž zahrnuto v předmětu přihlášky. Je však výhodné válcovat za tepla ocel na tloušťku ne větší než 5 mm

bez mezižhání mezi jednotlivými průchoďdy; za tepla válcovaný pás má tloušťku od $1,2$ do 3 mm. Tavenina obsahující v podstatě v hmotnostní koncentraci $0,02$ až $0,06$ % uhlíku, $0,015$ až $0,15$ manganu, $0,01$ až $0,05$ proc. látky ze skupiny obsahující síru a selen, $0,0006$ až $0,0080$ % boru, do $0,0100$ % dusíku, $2,5$ až 4 % křemíku, do $1,0$ % mědi, do $0,008$ % hliníku, zbytek železo, byla shledána jako nejvhodnější pro předmět vynálezu. Hladina boru je většinou vyšší než $0,0008$ %. Žáruvzdorný kysličníkový základní povlak obvykle obsahuje nejméně 50 % kysličníku hořečnatého (MgO). Ocel vyrobená podle vynálezu má permeabilitu nejméně $2,350 \cdot 10^{-3} \text{ H.m}^{-1}$ při 795 A.m^{-1} .

Vynález zlepšuje způsob popsáný v US patentu č. 4 030 950 vytvořením nejméně 320 dílů na milión kyslíku vztaheno na celkovou hmotnost ocele, ve vnějších 10 mikrometrech ocele. Poukazem na vnějších 10 mikrometrů se vynález zaměřuje na vnějších 5 mikrometrů, které obsahují okraje vytvořené během žhání. Kyslík přítomný jako kysličník v okrajích je nutný proto, aby se povrch oceli učinil způsobilý pro tvorbu širokého množství různých povlaků. Toho se dosáhne zvýšením doby trvání normalizace, vystavení oceli teplotě v horní části normalizačního rozsahu po krátkou dobu, nebo jiným známým způsobem. Výhoda tvorby kysličníků však musí být zvážena se zřetelem na dobrou magnetičnost. Z US patentu č. 4 030 950 je zřejmé, že magnetičností ocele vytvořené z taveniny obsahující bor se zlepšuje použitím konečné normalizační atmosféry mající nízký rosný bod. Následkem toho se zde dává přednost atmosféře obsahující vodík a mající rosný bod od 4 do 30 °C. Vysoký rosný bod oduhlčuje ocel obsahující bor, čímž se snižuje účinek boru jako inhibitoru a výsledkem je zhoršení magnetických vlastností.

Za studena válcovaná ocel má obvykle teplotu ležící uvnitř rozsahu teplot konečné normalizace od 700 do 1093 °C po dobu od 10 sekund do 10 minut. Jelikož oduhlčení probíhá nejúčinněji při teplotě 800 °C, je vhodné normalizovat při teplotě od 760 do 843 °C. Vodík obsahující atmosféra konečné normalizace může sestávat z vodíku nebo směsi vodíku a dusíku. S úspěchem byla použita směs plynů o obsahu 80 % dusíku a 20 % vodíku.

Dále jsou uvedeny příklady konkrétního provedení.

Příklad I

Vzorky ze tří taveb (Tavba A, B, C) křemíkové oceli byly žhány při teplotě 800 °C po dobu 5 minut při rosném bodu v rozsahu $-1,1$ až 38 °C. Složení taveb je uvedeno v tab. I.

Tabulka I

Tavba	Složení (hmot. %)						Cu	Al	Fe
	C	Mn	S	B	N	Si			
A	0,038	0,039	0,020	0,0009	0,0041	3,17	0,36	0,005	Bal
B	0,030	0,034	0,020	0,0011	0,0043	3,12	0,35	0,004	Bal
C	0,043	0,035	0,020	0,0009	0,0049	3,24	0,34	0,004	Bal

Obsah kyslíku byl stanoven ze stupnice vzorku z každé tavby. Tyto výsledky jsou uvedeny v tab. II současně s podmínkami normalizace.

Tabulka II

Vzorek	Normalizace rosný bod (°C)	Normalizační atmosféra (%)	Kyslík* na stupnici
A ₁	-1,1	H ₂	49
A ₂	10	80 N ₂ - 20 H ₂	197
A ₃	38	80 N ₂ - 20 H ₂	349
B ₁	-1,1	H ₂	26
B ₂	10	80 N ₂ - 20 H ₂	152
B ₃	38	80 N ₂ - 20 H ₂	328
C ₁	-1,1	H ₂	24
C ₂	10	80 N ₂ - 20 H ₂	172
C ₃	38	80 N ₂ - 20 H ₂	360

* vztaženo na celkovou váhu oceli

Vzorky A₁ až A₃, B₁ až B₃, C₁ až C₃ jsou povlečeny základním žáruvzdorným povlakem kysličníku hořečnatého (MgO), žíhány na konečnou strukturu při teplotě 1175

stupňů Celsia a zkoušeny na kvalitu povlaku. Výsledky zkoušek jsou uvedeny v tab. III.

Tabulka III

Vzorek	Kysličník v okujích*	Povlak
A ₁	49	holý
A ₂	197	tenký a porézní
A ₃	349	neprůhledný
B ₁	26	holý
B ₂	152	tenký a porézní
B ₃	328	neprůhledný
C ₁	24	holý
C ₂	172	tenký a porézní
C ₃	360	neprůhledný

* vztaženo na celkovou váhu oceli

Jelikož povlak vysoké kvality má být neprůhledný, je zřejmé, že pouze vzorky A₃, B₃, C₃ jsou vhodné pro tvoření vysokokvalitního základního povlaku kysličníku hořečnatého. Všechny tyto vzorky měly přes 320 dílů na milión kyslíku v okujích (vztaženo k celkové váze ocele). Na druhé straně vzorky A₂, B₂ a C₂ a A₁, B₁ a C₁ byly pouze vhodné pro tvorbu tenkého nebo porézního povlaku nebo zůstaly holé, vzorky A₂, B₂ a C₂ měly méně než 200 dílů na milión kyslíku (vztaženo na celkovou váhu ocele),

zatímco vzorky A₁, B₁ a C₁ měly méně než 50 dílů na milión kyslíku (vztaženo na celkovou váhu ocele).

Příklad II

Dvě tavby (tavba D a E) byly vyrobeny a zpracovány do cívky z křemíkové ocele o vysoké permeabilitě a mající orientaci krychle na hranu. Složení tavby je uvedeno v tab. IV.

Tabulka IV

Tavba	Složení (v % hmotnostní koncentrace)								
	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	zbytek
E	0,030	0,035	0,019	0,0011	0,0046	3,22	0,36	0,004	do 100 %

Zpracování taveb sestávalo z vyrovnání teploty při zvýšené teplotě po několik hodin, válcování za tepla na tloušťku 2 mm, normalizace při teplotě okolo 950 °C, válcování za studena na konečnou tloušťku, příprava cívky, normalizaci v atmosféře ob-

sahující 80 % N₂ a 20 % H₂, nanesení žáruvzdorného základního povlaku z kyslíčnicku hořečnatého a žíhání na konečnou strukturu při teplotě 1175 °C ve vodíku. Normalizace se prováděla ve dvou stupních, jak je zřejmé z tab. V.

Tabulka V

Tavba	První normalizace			Druhá normalizace		
	Teplota [°C]	Čas (min)	Rosný bod [°C]	Teplota [°C]	Čas (min)	Rosný bod
D	801	2	-14	801	2	10
E	801	2	10	801	2	10

Po normalizaci byl obsah uhlíku obou taveb pod 0,005 %. Obsah kyslíku v okujích se stanovil na vnitřním středu normalizo-

vané cívky. Výsledky jsou uvedeny v tab. VI spolu s vyhodnocením vytvořeného základního povlaku.

Tabulka VI

Tavba	Kyslík v okujích* (dílů na milión)	Povlak
D	258	Nejednotný Velmi tenký a porézní Odbarvené oblasti
E	370	Jednotný a většinou neprůhledný

* vztaženo na celkovou váhu oceli

Vysoce kvalitní povlak byl vytvořen na cívce z tavby E, která měla 370 dílů na milión kyslíku v okujích (vztaženo k celkové váze ocele) a ne na cívce z tavby D, která měla pouze 258 dílů na milión kyslíku v okujích (vztaženo k celkové váze ocele).

Předložený vynález, jak bylo shora uve-

deno, vyžaduje nejméně 320 dílů na milión kyslíku na vnějších 10 mikrometrech oceli, vztaženo na celkovou váhu ocele.

Cívky z tavby D a E byly postupně zkoušeny na permeabilitu a ztráty v jádru. Výsledky jsou v tab. VII

Tabulka VII

Tavba	Ztráty v jádru (W.kg ⁻¹ při 1,7 T)		Permeabilita (při 795 A.m ⁻¹)
D	Uvnitř	1,456	2,396
	Vně	1,629	2,380
E	Uvnitř	1,560	2,369
	Vně	1,615	2,358

Z tabulky VII je zřejmé, že magnetické vlastnosti cívky z tavby D jsou lepší, než u cívky z tavby E, jak se dá předpokládat ze skutečností uvedených zde a v US patentu č. 4 030 950. Avšak jak bylo shora uvedeno, normalizovaná cívka z tavby D nevytvořila vysoce kvalitní žáruvzdorný povlak kyslič-

níku hořečnatého. Předložený vynález proto zdokonaluje předmět US patentu č. 4 030 950, v němž je uveden způsob výroby křemíkové ocele o vysoké permeabilitě z taveniny obsahující bor a současně umožňuje tvorbu mnoha vysoce kvalitních povlaků.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Způsob výroby elektromagnetické křemíkové oceli mající orientaci krychle na hranu a permeabilitu nejméně $2,350 \cdot 10^{-3} \text{ H.m}^{-1}$ při 795 A.m^{-1} , při němž se připraví tavenina křemíkové oceli obsahující v hmotnostní koncentraci 0,02 až 0,06 % uhlíku, 0,0006 až 0,0080 % boru, do 0,0100 % dusíku, do 0,008 % hliníku a 2,5 až 4,0 % křemíku, ocel se odlíje, válcuje za studena, tato za studena válcovaná ocel se podrobí konečné normalizaci při teplotě od 705 do 1093 °C, například od 760 do 804 °C, nanesou se žáruvzdorný kysličníkový základní povlak a ocel se žihá na konečnou strukturu,

vyznačující se tím, že se normalizace provádí v atmosféře obsahující vodík, o rosném bodu od $-6,6$ do $43,4$ °C, například od 4 do 30 °C, obsah uhlíku v oceli se sníží na hodnotu menší než 0,005 % a v oceli se v rozsahu 10 mikrometrů od jejího povrchu vytvoří pásma obsahující alespoň 320 dílů na milión kyslíku, vztaženo na celkovou hmotnost oceli, čímž se základní žáruvzdorný kysličníkový povlak učiní neprůhledným.

2. Způsob podle bodu 1, vyznačený tím, že se ocel normalizuje po dobu od 10 sekund do 10 minut.