



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K PATENTU

204951
(11) (B2)

[51] Int. Cl.³
C 21 D 1/28

[22] Přihlášeno 05 07 78
[21] (PV 4480-78)
[32] [31] [33] Právo přednosti od 12 10 77
(841402)
Spojené státy americké
[40] Zveřejněno 30 04 80
[45] Vydáno 15 12 83

[72]
Autor vynálezu

DATTA AMITAVA, GIBSONIA (Sp. st. a.)

[73]
Majitel patentu

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

(54) Způsob výroby elektromagnetické křemíkové oceli orientované krychle na hranu

1

Vynález se týká způsobu výroby křemíkové oceli s orientovanými zrny.

Několik dříve udělených patentů popisuje novou výrobu borem inhibovaných elektromagnetických ocelí. Tyto patenty, včetně patentů USA č. 3 873 381, 3 905 842, 3 905 843 a 3 957 546, vyžadují konečnou normalizaci při teplotě 802 až 816 °C.

Způsob, jehož cílem je zlepšení magnetických vlastností ocelí podle shora uvedených patentů, je uveden v přihlášce vynálezu USA č. 696 964 ze dne 17. června 1976. Tato přihláška obsahuje způsob, u něhož je bor obsahující ocel normalizována při teplotě 843 až 1093 °C.

Nevýhody, vyskytující se u ocelí vyrobených známými způsoby, odstraňuje způsob výroby elektromagnetické křemíkové ocele mající orientaci krychle na hranu a permeabilitu nejméně $2,35 \cdot 10^{-3} \text{ Hm}^{-1}$ při $\frac{10^4}{4\pi} \cdot \text{Am}^{-1}$, sestávající z přípravy taveniny křemíkové oceli obsahující v % hmot. 0,02 a, 0,06 % uhlíku, 0,0006 až 0,0080 % boru, do 0,0100 % dusíku, ne více než 0,008 proc. hliníku a 2,5 až 4,0 % křemíku, odlévané oceli, válcování za tepla, válcování za studena na tloušťku maximálně 0,508 cm, rekrytalizaci za studena válcované oceli při teplotě mezi 704 až 843 °C v atmo-

2

sféře obsahující vodík, mající rosný bod mezi 10 a 66 °C oduhličením oceli na obsah uhlíku menší než 0,005 %, opatření oceli základním žáruvzdorným kysličníkovým povlakem a žháním na konečnou strukturu.

Podstata způsobu podle vynálezu spočívá v tom, že se ocel zahřívá na teplotu 704 až 843 °C rychlostí nejméně 833 °C za minutu a ocel se ponechává v tomto teplotním rozmezí po dobu nejméně 30 s.

Vysokou zahřívací rychlostí se dosáhne zlepšených magnetických vlastností. Typické rychlosti zahřívání u ocelí obsahujících bor byly asi 556 °C za minutu, a ačkoliv je uvedeno použití vysokých rychlostí u normálních křemíkových ocelí v patentu USA č. 2 965 526, toto zveřejnění není na závadu. Obvyklé křemíkové oceli jsou charakterizovány výrobou a složením, které je úplně jiné než u ocelí obsahujících bor.

Navíc ke zlepšeným magnetickým vlastnostem, vyšší rychlosti zahřívání dovolují použití více oxidující atmosféry. Ačkoliv není jistě zjištěno proč tomu tak je, domníváme se, že se během rychlého zahřívání ztrácí méně povrchového boru a jak je známo, ztráty boru indukují primární růst zrn a zhoršují magnetické vlastnosti. S méně oxidující atmosférou oduhličení prochází účinněji a dosáhne se vysoké kvality zá-

kladního povlaku. Určité množství kyslíku, přítomného jako oxidy, je vhodné pro vystavení povrchů oceli řadě různých základních povlaků (patent USA č. 4 030 950).

Příkladné provedení způsobu podle vynálezu je znázorněno na připojených výkresech, kde obr. 1 je diagram vztahu mezi permeabilitou a rychlostí zahřívání a obr. 2 zobrazuje změny ztráty v jádru v závislosti na rychlosti zahřívání.

Podle vynálezu se tavenina křemíkové oceli o složení 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 (% hmotnostní) podrobí obvyklému odlévání, válcování za tepla, jednomu nebo více válcování za studena na tloušťku ne větší než 0,508 mm, mezižhání, v případě, že je více tahů za studena, rekrystalizaci při teplotě 704 až 843 °C v atmosféře obsahující vodík a mající rosný bod 10 až 66 °C, oduhlíčení na obsah uhlíku pod 0,005 %, opatří se základním žáruvzdorným kyslíkovým povlakem a žháhá na konečnou strukturu. Potom se ocel ohřívá na teplotu 704 až 843 stupňů Celsia rychlostí nejméně 833 °C za minutu. Způsob výroby oceli shora popsaný lze zaměnit za kterýkoliv způsob zpracování ocelí obsahující bor uvedený v jiných patentech. Dále výraz odlévání zahrnuje rovněž plynulé lití. Tepelné zpracování za tepla válcovaného pásu je rovněž zahrnuto v tomto vynálezu. Je však dávana přednost válcování oceli za studena na tloušťku do 0,508 mm bez mezižhání mezi jednotlivými tahy za studena, ze za tepla válcovaného pásu o tloušťce 1,27 až 3,04 mm. Tavenina obsahující v % hmotnostních: 0,02 až 0,6 % uhlíku, 0,015 až 0,15 % manganu, 0,01 až 0,05 % látky ze skupiny obsahující síru a selen, 0,0006 až 0,0080 proc. boru, do 0,0100 % dusíku, 2,5 až 4,0 proc. křemíku, do 1,0 % mědi, do 0,008 % hliníku, zbytek železo, je vhodná pro způsob podle vynálezu. Obsah boru je obvykle vyšší než 0,0008 %. Žáruvzdorný kyslíčnickový základní povlak obvykle obsahuje alespoň 50 % MgO. Ocel vyrobená způsobem podle vynálezu má permeabilitu nejméně $2,35 \cdot 10^{-3} \text{ Hm}^{-1}$ při $\frac{10^4}{4\pi} \text{ A} \cdot \text{m}^{-1}$. S výhodou

$$= \frac{\text{ztráty v jádru } [\text{W} \cdot \text{kg}^{-1}] \text{ při } 1,7 \text{ T (pás)} + 0,280}{1,273}$$

Změny v permeabilitě a ztrátách v jádru pro balíky (skupiny pásů) jsou uvedeny v digramu na obr. 1 a 2 v závislosti na rychlostech ohřívání.

Z obr. 1 a 2 je zřejmé, že magnetické vlastnosti se zlepšují s vysokými ohřívacími rychlostmi. Permeability se zvyšují a ztráty v jádru se snižují při zahřívacích rychlostech zvýšených z obvyklých hodnot 556 °C na hodnoty vyšší než 833 °C, s výhodou vyšší než 1111 °C.

má permeabilitu nejméně $2,375 \cdot 10^{-3} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$ při $\frac{10^4}{4\pi} \text{ A} \cdot \text{m}^{-1}$ a ztráty v jádru ne větší než 1,54 W/kg při 1,7 T.

Ocel válcovaná za studena se rekrystalizuje při teplotě mezi 704 a 843 °C, s výhodou při teplotě 760 až 816 °C. Rekrystalizace nenastane při teplotě pod 704 °C. Oduhlíčení se provádí účinněji při teplotě pod 843 °C. Jak bylo shora uvedeno, vynález je závislý na rychlosti zahřívání alespoň 833 stupňů Celsia za minutu. Rychlost zahřívání je s výhodou alespoň 1111 °C a obvykle mezi 1111 a 2778 °C za minutu. Doba při teplotě je nejméně 30 s, s výhodou 60 s. Tato doba je obvykle 60 až 120 s. Atmosféra obsahující vodík může obsahovat vodík nebo vodík a dusík. Úspěšně byla použita směs plynů obsahující 80 % dusíku a 20 proc. vodíku. Rosný bod atmosféry je obvykle mezi 21 a 52 °C.

Následující příklady znázorňují několik aspektů vynálezu.

Osmnáct pásů za studena válcované křemíkové ocele bylo zahřáto na 802 °C v odporově vytápěné reakční komoře krycího zvonu. Atmosféra v krycím zvonu bylo o složení 80 % dusíku, 20 % vodíku s rosným bodem 49 °C. Tři z pásů byly ohřáty na 802 °C rychlostí 556 °C za minutu a ponechány při této teplotě po dobu 60 s. Tři ostatní byly zahřáty podobně a nechány 90 s. Ostatní skupiny po třech pásech byly ohřáty rychlostmi 1667 °C a 2778 °C za minutu a ponechány po dobu 60 až 90 s. Tyto pásy takto normalizovány byly opatřeny povlakem MgO + 0,75 % B a žháhány na konečnou strukturu při teplotě 1177 °C.

Každý pás byl zkoušen na permeabilitu (při $\frac{10^4}{4\pi} \text{ A} \cdot \text{m}^{-1}$) a ztráty v jádru (W/kg při 1,7 T). Každá hodnota pásu z každé skupiny byla převedena na Epsteinovu hodnotu za použití následujícího vztahu:

$$u [\text{H} \cdot \text{m}^{-1}] \text{ při } \frac{10^4}{4\pi} \text{ A} \cdot \text{m}^{-1} (\text{balík}) = u$$

$$[\text{Hm}^{-1}] \text{ při } \frac{10^4}{4\pi} \text{ A} \cdot \text{m}^{-1} (\text{pás}) + 24 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ ztráty v jádru } [\text{W} \cdot \text{kg}^{-1}] \text{ při } 1,7 \text{ T (balík)} =$$

Způsob výroby za studena válcovaných pásů obsahuje prohřívání při zvýšené teplotě po dobu několika hodin, válcování za tepla na jmenovitou tloušťku 2,032 mm, za tepla vyvácovaný pás se normalizuje při teplotě okolo 949 °C a válcuje za studena na konečnou tloušťku 0,305 mm. Složení taveniny oceli bylo následující (v % hmotnostních):

C	Mn	S	B	N	Si	Cu	Al	Fe
0,043	0,035	0,020	0,0003	0,0049	3,24	0,34	0,004	zbytek

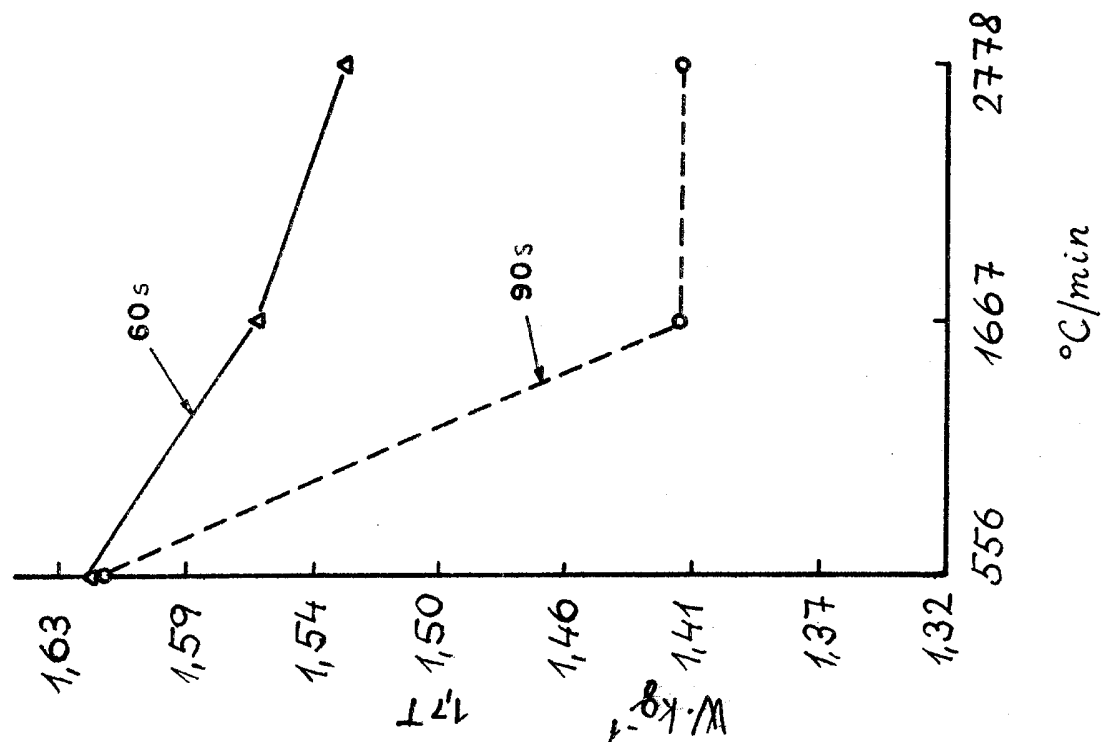
PŘEDMĚT VYNALEZU

Způsob výroby elektromagnetické křemíkové oceli orientované krychle na hranu a permeabilitou nejméně $2,35 \cdot 10^{-3} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$ při $\frac{10^4}{4\pi} \text{ A} \cdot \text{m}^{-1}$, který sestává z přípravy taveniny křemíkové oceli o obsahu: 0,02 až 0,06 % hmot. uhlíku, 0,0006 až 0,0080 % hmot. boru, do 0,0100 % hmot. dusíku, do 0,008 % hmot. hliníku a 2,5 až 4,0 % hmot. křemíku, odlévání oceli, válcování za tepla, válcování za studena na tloušťku nejvíce 0,508 cm, rekrytalizaci za studena

válcované oceli při teplotě mezi 704 °C a 843 °C v atmosféře obsahující vodík mající rosný bod 10 až 65 °C, oduhličení oceli na obsah uhlíku pod 0,005 %, opatřené oceli žáruvzdorným kyslíčnickovým základním povlakem a žhánání na konečnou strukturu, vyznačený tím, že se ocel ohřeje na teplotu 704 až 843 °C rychlostí nejméně 833 stupňů Celsia za minutu a ponechá v tomto teplotním rozmezí po dobu nejméně 30 s.

1 list výkresů

Obr. 2



Obr. 1

