

PATENTOVÝ SPIS

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2001-4215**
(22) Přihlášeno: **19.05.2000**
(30) Právo přednosti: **26.05.1999 IT 1999RM/334**
(40) Zveřejněno: **15.05.2002**
(Věstník č. 5/2002)
(47) Uděleno: **25.01.2008**
(24) Oznámení o udělení ve Věstníku: **05.03.2008**
(Věstník č. 10/2008)
(86) PCT číslo: **PCT/EP2000/004577**
(87) PCT číslo zveřejnění: **WO 2000/073517**

(11) Číslo dokumentu:

298 905

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:

C21D 8/12 (2006.01)
H01F 1/16 (2006.01)
C21D 1/34 (2006.01)

(56) Relevantní dokumenty:

EP 100638 A2; EP 8385 A1; US 4952253; US 5411604.

(73) Majitel patentu:

ACCIAI SPECIALI TERNI S. P. A., Terni, IT

(72) Původce:

Ban Gabor, Roma, IT

(74) Zástupce:

JUDr. Ing. Michal Guttman, Nad Štolou 12, Praha 7,
17000

(54) Název vynálezu:

**Způsob zlepšení magnetických charakteristik
křemíkových ocelových plechů s orientovanými
zrny pro elektrotechnické účely působením
laseru**

(57) Anotace:

Způsob zlepšení magnetických charakteristik křemíkových ocelových plechů s orientovanými zrny pro elektrotechnické účely působením laseru, při kterém pás křemíkového ocelového plechu, který právě prošel sekundární rekrystalizací žíháním, opatřený obvyklými finálními potahy, se upravuje kontinuální emisí laseru, který kontinuálně snímá pohybující se pás v transversálním směru na směr pohybu pásu, přičemž se parametry záření, doba setrvání a vzdálenost mezi dvěma následnými trajektoriemi laserového paprsku na ocelovém plechu současně a kontinuálně upravují za účelem zlepšení magnetických charakteristik pásu. Měrná energie záření je 0,1 až 25 mJ/mm², doba setrvání 10⁻⁶ až 10⁻² s a vzdálenost mezi dvěma následujícími trajektoriemi paprsku 2 až 12 mm.

CZ 298905 B6

Způsob zlepšení magnetických charakteristik křemíkových ocelových plechů s orientovanými zrny pro elektrotechnické účely působením laseru

5 Oblast techniky

Tento vynález se týká způsobu zlepšení magnetických charakteristik křemíkových ocelových plechů s orientovanými zrny působením laseru a zvláště se týká radiačního působení na ocelový plech po závěrečném vyžehání tak, aby se zlepšily jeho indukční charakteristiky, ztráty a magnetostrikce ve srovnání s ocelovým plechem bez úpravy tímto způsobem.

Dosavadní stav techniky

15 Křemíkové ocelové plechy s orientovanými zrny pro elektrotechnické účely se používají hlavně k výrobě jader transformátorů; při tomto využití jsou hlavně studovány magnetické charakteristiky materiálu, zvláště po naftové krizi v sedmdesátých letech a v současnosti v souvislosti se stoupajícím zájmem o energetické úspory, takzvané ztráty jádra nebo ztráty, které se vztahují k množství energie ztracené při provozu transformátoru. Ztráty se vyjadřují ve wattech na kilogramy hmotnosti jádra a závisí na různých faktorech, zvláště pak na pohybu stěn magnetických domén, definovaných jako oblasti uvnitř materiálu, ve kterých elektrony způsobující feromagnetismus mají paralelní spiny a tedy nenulový magnetický moment. V křemíkových ocelových plechových deskách je magnetický moment uvnitř jednotlivých domén orientován ve směru snadné magnetizace, tedy podle krystalografických směrů $\langle 100 \rangle$. Stěny domén jsou oblasti mezi sousedními doménami v nichž magnetický moment rotuje a které jsou charakterizovány hodnotou této rotace, proto hovoříme o 180° a -180° stěnách (v tomto materiálu 90°).

V demagnetizovaném stavu je suma vektorů magnetických momentů rovna nule, při působení vnějšího pole se počáteční magnetizace v podstatě odehrává pohybem stěn domén, které jsou přednostně orientovány podle vnějšího pole, spotřebují méně energie a rostou na úkor ostatních domén laterálním pohybem stěn při 180° . Vyšší mobilita stěn způsobuje snadnější magnetizaci a proto pohyb stěn potřebuje méně energie. Energetická spotřeba spojená s pohybem stěn při 180° je způsobena elektromotorickými silami, vznikajícími pohybem stěn v opačném směru.

35 Bylo zjištěno, že tato složka ztrát je úměrná poměru mezi vzdáleností mezi stěnami se 180° a tloušťkou ocelového plechu. Dále bylo zjištěno, že ztráty závisí také na velikosti ocelových zrn v plechu a na orientaci krystalové mřížky zrn vzhledem k povrchu plechu.

40 Proto nejzřejmější a okamžitá volba spočívá ve faktu, že bychom měli mít plechy z křemíkové ocele s vysoce orientovanými zrny o dané velikosti zrn a s nízkou tloušťkou.

Úsilí, které bylo doposud vynaloženo, přineslo vynikající výsledky, které nemohou být z hlediska výroby dále významněji zlepšovány; zvláště, když se zjistilo, že optimální velikost zrn je okolo 4 mm, zatímco pokud se týká tloušťky ocelového plechu, jít pod určité hodnoty je nevýhodné jak z hlediska nákladů na tyto procesy, tak kvůli poměru (zvanému „prostorový faktor“) objemu ocelového plechu ku objemu izolačního potahu plechu, který se snižuje tak výrazně, že značná část jádra by byla tvořena izolačním potahem.

50 Proto se vzaly v úvahu jiné faktory ovlivňující ztráty, a zvláště pak ty, které se vztahují k velikostem magnetickým domén.

55 Za prvé bylo zjištěno, že aplikace tlaku na ocelové plechy indukuje na ploše plechu anizotropii, která za přítomnosti typické struktury těchto materiálů (Gossova struktura) zvyšuje magnetizační energetický rozdíl mezi krystalografickým směrem $\langle 100 \rangle$ paralelním se směrem válcování a směrem $\langle 011 \rangle$ kolmým ke směru válcování. Následkem toho se rovnováha mezi magnetostatic-

kou energií a energií doménových stěn posunuje ve prospěch energie stěn, což způsobuje vytváření velkého počtu stěn, které jsou tenčí a jsou blíže u sebe. Tímto způsobem se dosáhne značného snížení příspěvku vířivých proudů k celkovým ztrátám. Proto byly vyvinuty izolační potahy s pnutím, schopné poskytnout toto vylepšení.

5

Avšak od roku 1924 bylo také navrhováno, že těchto pnutí se dá dosáhnout vytvořením lokálních tlakových mikronapětí. Z tohoto hlediska bylo navrhováno podrobit ocelové plechy ostřelování broky nebo mechanickému rýhování vrtáky, břitzy nebo válci s reliéfovým povrchem. Tyto metody, i když jsou efektivní a schopné poskytnout zlepšení v odolnosti proti vystavení vysokým

10

teplotám, mají nevýhody z hlediska nesnadné aplikace při výrobě a destrukce izolačního potahu plechů, která vystavuje plechy rychlé oxidaci, takže vyžadují další izolační potahování, a vytváření ostnů a reliéfu na okrajích rýh nebo vrypů, což snižuje prostorovou hodnotu jádra a způsobuje častější výskyt zkratů.

15

Dalším krokem bylo zpracování povrchu ocelových plechů koncentrovanými energetickými pulzy ve formě laserových paprsků, svazků elektronů, plasmy a podobně.

Stat' vypracovaná při příležitosti „1986 ASM Material Week Conference“ 4.–9. října 1986 v Orlandu, Florida J. W. Schoenem a A. L. von Hollenem pod názvem „Domain refinement of oriented electrical steel: from early beginning to an emerged technology“ přehledně popisuje všechny sporné otázky vyvolané prvními zkušenostmi s těmito postupy, zvláště pak ve vztahu k působení laseru.

20

K této záležitosti jsou relevantní obrázky 7 a 9 a příslušná diskuse v textu, kde se konstatuje, že zlepšení dosažené zjemněním magnetických domén může být spojeno s magnetostrikčními podmínkami po úpravě laserem, jelikož změny magnetostrikce reprezentují kvantitativní míru podílu ne-180° stěn vzniklých při působení laseru; nejlepší výsledky zjemnění domén se dosahují spolu se vzrůstem magnetostrikce. Tato situace je popsána i v jiných dokumentech; například v evropském patentu EP 0 087 587, s prioritou 25. ledna 1980, proces ozařování elektromagnetického ocelového plechu laserovým paprskem. Vynález spočívá v aplikaci kapalného potahovacího činidla na ocelový plech po jeho podrobení účinkům laseru a v žitání tohoto potahu při teplotě ne vyšší než 600 °C. Toto omezení teploty souvisí s faktem, že snížení ztrát způsobené podrobením se účinkům laseru kompletně zmizí při teplotách vyšších než 500 až 600 °C. Tento patent uvádí, že zpracování laserem se používá nejen ke snížení ztrát, ale také ke zlepšení magnetostrikce; ale k tomuto aspektu nejsou podány žádné přesvědčivé předvedené výsledky. Tabulka 1, ve které je uvedeno jediné vyhodnocení magnetostrikce, ukazuje, že údaje týkající se magnetostrikce jsou vyjádřeny jako rozměrové změny při mechanickém zatížení 17 kg. Avšak je třeba zdůraznit že, jak je všeobecně známo, mechanické napětí zlepšuje magnetostrikci. Navíc z uvedených dat vyplývá, že výsledky týkající se magnetostrikce jsou podle vynálezu nižší, než výsledky, které je možné dosáhnout prostou aplikací izolačního potahu bez úpravy laserem. Tedy, jedinou výhodou při působení laseru je zlepšení hodnoty celkových ztrát jádra.

25

30

35

40

Evropské patentové přihlášky EP 8 385 a EP 100 638 stejně tak jako patentová přihláška GB shodně popisují způsoby zpracování laserem pásu z elektrooceli při kterých se výběrem některých parametrů postupu zvolí správná hodnota měrné energie záření a použije se během celého procesu zpracování laserem. Podle všech výše uvedených dokumentů lze získat zlepšení ztrát jádra, zatímco hodnoty permeability zůstávají nezměněny nebo jsou dokonce nižší. Nejsou z nich dostupné žádné informace o změnách jiných konečných charakteristik, například magnetostrikce.

45

50

Patentový dokument EP 0 611 829 z 24. srpna 1994 se týká působení svazku elektronů na povrch ocelového plechu s orientovaným zrnem za účelem získání produktu (jádra transformátoru) s vylepšenými charakteristikami pokud se týče tvaru a akustických emisí. Vynález spočívá v tom, že ocelový plech opatřený závěrečným izolačním potahem je ozařován svazkem elektronů vysílaných na plech takovým způsobem, že sledují kontinuální nebo diskontinuální klikatou trajektorii

55

rii, takže stopy elektronového svazku odpovídají vrcholům klikaté trajektorie. Také při tomto postupu se zlepšení týkají pouze ztrát, zatímco hodnoty týkající se magnetostrickce (budící napětí a hluk) jsou srovnatelné s plechem bez úpravy a lepší jsou jenom pro plech upravený lineárním ozařováním elektronovým svazkem. Další nevýhoda použití elektronového svazku spočívá v tom, že je nutné pracovat ve vysokém vakuu, což je nákladná podmínka, stěží dosažitelná při konti-
 5 nuální výrobě. A nakonec se musíme zmínit o tom, že nejlepší výsledky podle tohoto dokumentu se dosahují při teplotách zpracovávaného plechu mezi 600 a 800 °C, při kterých, jak je známo, se ztrácejí výhody indukovaných mikronapětí. Z toho lze usoudit, že zlepšení získaná podle tohoto dokumentu jsou v zásadě dána napěťovým efektem závěrečného izolačního potahu, jenž je lépe
 10 spojen s ocelovým plechem vzhledem k rýhování vytvořeném na sklovitém filmu svazkem elektronů.

Stav techniky, pokud je nám známo, ukazuje, jak ozařování plechu z křemíkové ocele s oriento-
 15 vanými zrny laserem nebo svazkem elektronů může vyústit v značné vylepšení obecných charak-
 teristik ztrát, zatímco pokud se týče magnetostrickce a hluku, výsledky jsou většinou srovnatelné s výsledky dosaženými běžnými metodami bez ozařování povrchu. Navíc je třeba vzít v úvahu, že podniky používající ozařování laserem a elektronovým svazkem mají velmi vysoké kapitálové a provozní náklady, a proto tyto metody nemohou být zcela ospravedlněny pouze zlepšením ztrát.

20 Proto je záměrem tohoto vynálezu získat úpravu ocelových plechů s orientovanými zrny schopnou absolutně zlepšit hodnoty ztrát jádra, magnetostrickce a indukce měřené při 800 A/m (dále B800).

Jiným záměrem tohoto vynálezu je uskutečnit zpracování laserem bez poškození izolačního pota-
 25 hu ocelového plechu.

Dalším záměrem tohoto vynálezu je vyhnout se dodatečným nákladům, až dosud nezbytným spojeným se závěrečným vytvářením izolačního potahu po zpracování laserem.

30

Podstata vynálezu

Vynález se týká způsobu, při kterém plech z křemíkové ocele s orientovanými zrny, který byl podroben sekundární rekrytalizaci závěrečným vyžiháním a pokrytý izolačním potahem, podro-
 35 bený účinku laseru s kontinuální emisí, například CO₂ laserem o vlnové délce 10,46 μm, který kontinuálně rastruje pohybující se pás ve směru kolmém na směr pohybu pásu. Způsob je charakteristický tím, že některé předem zvolené parametry (tj. měrná energie záření, doba setrvá-
 ní a vzdálenost mezi dvěma následnými trajektoriemi laserového paprsku na ocelovém plechu) jsou současně a kontinuálně upravovány v rozmezí 0,1 až 25 mJ/mm², 1x10⁻⁶ s až 1x10⁻² s, 2 až
 40 12 mm tak, aby se optimalizovalo zlepšení alespoň jedné magnetické charakteristiky pásu, vybrané mezi indukci a ztrátami jádra, měřenými kontinuálně před a po úpravě laserovým paprskem, a tak, aby se nepoškodil sklovitý film izolačního potahu.

V této souvislosti se dobou setrvání miní doba, po kterou je určitá část povrchu pásu ozařována
 45 laserovým paprskem, doba setrvání je tedy funkcí rychlosti pásu, rychlosti rastrování laserovým paprskem a velikostí příčného záběru laserového paprsku.

Měrná energie záření je výhodně v rozmezí mezi 2 a 8 mJ/mm², výhodněji mezi 3 a 5 mJ/mm². Pokud se týká doby setrvání, ta musí být výhodně mezi 1x10⁻⁵ a 1x10⁻³ s a výhodněji mezi 1 a
 50 8x10⁻⁴ s.

Vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími řádkami musí být výhodně udržována v rozmezí mezi 3,5 a 8 mm v závislosti na průměrné velikosti zrna; v našem testu byly získány velmi dobré výs-
 55 ledky při hodnotách vzdáleností mezi dvěma po sobě jdoucími řádkami o 10 až 20 %menších než byla průměrná velikost zrna měřená ve směru posunu pásu.

Dalším velmi zajímavým faktorem je rychlost rastrování povrchu pásu laserovým paprskem, závisující i na jiných parametrech, jako je rychlost posunu ocelového plechu a vzdálenost mezi řádkami; přestože v různých zařízeních tyto parametry mohou mít různé hodnoty, udržují optimální hodnoty získaných magnetických charakteristik; při testu prováděném v laboratoři byly získány vynikající výsledky při rychlosti rastrování spadající mezi 800 a 10 000 m/min; při použití průmyslového zařízení jsou obvykle používány hodnoty spadající mezi 1500 a 6000 m/min.

Velikost příčného záběru laserového paprsku nebo délka bodu, na kterém doba setrvání závisí je mezi 1 a 60 mm, výhodně mezi 5 a 50 mm, s obvyklými hodnotami mezi 7 a 40 mm.

Protože rastrovací pohyb laserového paprsku je vytvářen rotací polygonálního zrcadla, vysílajícího paprsek na parabolické zrcadlo, od kterého je nakonec vyslán na pás, parametry způsobu závisí také na rychlosti rotace polygonálního zrcadla; proto podle vynálezu je tato rychlost rotace mezi 100 a 10 000 ot./min, výhodněji mezi 600 a 6000 ot./min.

Parametry způsobu mohou být upraveny tak, aby se optimalizovalo zlepšení ztrát nebo magnetostrickce při současném získání malé zlepšení hodnoty magnetické permeability.

Protože neexistují žádné standardní metody měření magnetostrickce, příslušná měření v tomto textu byla prováděna podle metody stanovené G. Ban a F. Janosi v „Measuring system and evaluation method of DC and AC magnetostriction behaviour to investigate 3,2 % SiFe G. O. electrical steels“ Conference of Soft Magnetic Materials, SMM'12 Conf. Proc. Journal of Magn. And Magn. Mat., Vol 160, (1996), 167–170.

Tento vynález bude nyní popsán podrobně se zřetelem na následující příklady provedení, které nejsou míněny jako limitující pro podstatu tohoto vynálezu.

Příklady provedení

Příklad 1

Ocel obsahující 3,2 % hmotn. Si, druhu běžně používaného pro výrobu plechů s vysokými magnetickými charakteristikami byla vyrobena a upravena podle známých metod na plechy o tloušťce 0,27 mm, potažena konvenčním žhacím separátorem, tvořeným MgO a vyžhána v komorové peci.

Po požadovaných závěrečných úpravách se získal výrobek s těmito magnetickými vlastnostmi.

P (1,5T) (W/kg)	P(1,7T) (W/kg)	B ₈₀₀ (mT)	$\lambda_{(p-p)}(1,7T)$	$\lambda_{(p-p)}(1,9T)$
0,71	0,94	1925	$2,73 \cdot 10^{-7}$	$8,48 \cdot 10^{-7}$

Pásky pokryté sklovitým filmem a izolačním potahem (jeden pro konvenční úpravu a tři pro zpracování podle tohoto vynálezu) byly ozařovány laserovým paprskem za těchto podmínek:

Tabulka 1

Laserová metoda	Měrná radiační energie (mJ/mm ²)	Výkon (W)	Vzdálenost mezi řádky (mm)	Rychlost projekce (rastrování) (m/min)	Doba setrvání (s.10 ⁻⁴)
Konvenční	5,80	1800	5,0	4000	3,30
Inovovaná	A 2,49	600	4,8	3012	4,38
	B 3,32	600	4,8	3012	4,38
	C 4,15	600	4,8	3012	4,38
	D 30	600	4,8	3012	4,38
	E 0,1	600	4,8	3012	4,38
	F 35	600	4,8	3012	4,38

- 5 Tedy u získaných materiálů byly měřeny magnetické charakteristiky, náchylnost ke korozi u odpovídajících ozářovaných oblastí (indikováno oxidovanými cm na metr dráhy), viditelnost stop laserového paprsku na ocelovém plechu (indikováno jako poměr mezi délkou viditelnou a celkovou délkou stopy), magnetostricke $\lambda_{(p-p)}$ (jako maximální odchylka délky pásu). Naměřené hodnoty jsou uvedeny v Tabulce 2.

10

Tabulka 2

	Konvenční	Inovované					
		A	B	C	D	E	F
$\Delta P(1,5T)\%$	11,19	5,8	10,5	11,3	10,6	0,8	11,2
$\Delta P(1,7T)\%$	12,74	7,4	10,1	10,8	10,9	0,7	12,7
ΔB_{800} mT	-7	7	2	0	-3	-1	-7
$\lambda_{(p-p)}$ (1,7T) .10 ⁻⁷	4,38	4,09	2,02	2,32	5,15	4,65	4,39
$\lambda_{(p-p)}$ (1,9T) .10 ⁻⁷	8,58	5,15	5,76	7,37	10,6	4,80	8,59
Koroze v NaCl 1%	100	8	0	0	60	0	100
Viditelnost stop %	1	0	0	0,5	0,75	0	1

15

Příklad 2

Pás byl také upravován měněním doby setrvání. Data vztahující se k tomuto testu jsou uvedena v následující Tabulce 3.

5

Je zřejmé, že existuje silná závislosti magnetické kvality konečného produktu na době setrvání, zejména všechny magnetické charakteristiky brané v úvahu se zlepšují jenom v některých případech.

10

U pásů G a H, i když doba setrvání je v rozmezí fixních hodnot, nebylo možné pro určitá zařízení upravit optimálním způsobem jiné parametry jako například rychlost posunu pásu a rychlost rastrování laserového paprsku.

15

U pásů I a J byly získány dobré výsledky pro všechny uvažované magnetické charakteristiky.

Konečně u pásů K a L, přestože byly získány nulové hodnoty vztahující se k viditelnosti dráhy a korozi, byla zaznamenána malá zlepšení nebo dokonce zhoršení týkající se ztrát, zhoršení týkající se permeability a příliš vysoké hodnoty magnetostrickce.

20

Tabulka 3

	Vzorek					
	G	H	I	J	K	L
Doba setrvání (s)	$4,04 \cdot 10^{-5}$	$9,71 \cdot 10^{-5}$	$5,93 \cdot 10^{-4}$	$1,02 \cdot 10^{-3}$	$2,74 \cdot 10^{-3}$	$3,56 \cdot 10^{-3}$
ΔP % (1,5T)	9,7	7,0	5,1	5,1	0,5	1,3
ΔP % (1,7T)	12,3	11,2	7,9	7,9	0,9	-0,1
ΔB_{800} mT	10,4	5,6	2,6	2,6	-3,4	-9,4
$\lambda_{(p-p)}$ (1,7T)	2,8	2,0	2,7	2,7	7,1	9,0
$\lambda_{(p-p)}$ (1,9T)	8,6	6,6	7,8	7,8	11,4	16,6
Viditelnost stop	1	0	0	0	0	0
Koroze v NaCl 1%	100	20	0	0	0	0

Příklad 3

- 5 Pás upravený stejně jako v I byl podroben další úpravě změnou vzdálenosti mezi řádkami. Průměrná velikost zrn ve směru posunu byla u tohoto pásu 8,53 mm s odchylkou 30 %. Získané výsledky jsou uvedeny v Tabulce 4. V tomto případě si také můžeme všimnout, že přijatelné hodnoty jsou získány v rámci limitů stanovených pro parametry zpracování (s výjimkou magnetostrickce, minimem z vzorků P a Q) a že optimální hodnoty mohou být získány pro vzdálenost mezi řádkami spadající mezi 7 a 8 mm, což je asi o 8 až 18 % méně než je průměrná velikost zrna.
- 10

Tabulka 4

	Vzorek							
	M	N	O	P	Q	R	S	T
Vzdálenost řádek (mm)	4	5	6	7	8	9	11	13
ΔP (1,5T)%	12,6	12,8	11,9	13,0	16,4	13,2	9,3	11,1
ΔP (1,7T)%	13,5	11,4	11,8	14,5	14,1	12,0	8,9	10,0
ΔB_{800}	3,2	3,7	4,8	8,1	9,4	3,1	5,0	5,3
$\lambda_{(p-p)}$ (1,7T) $\cdot 10^{-7}$	8,6	7,0	5,0	3,2	2,2	11,0	10,0	9,0
$\lambda_{(p-p)}$ (1,9T) $\cdot 10^{-7}$	13,3	12,0	9,2	5,4	4,8	14,0	14,1	13,2
Viditelnost stop	0	0	0	0	0	0	0	0
Koroze v NaCl 1%	0	0	0	0	0	0	0	0

15

Příklad 4

- 20 Podle předloženého vynálezu byla magnetostrickce měřena před a po působení laseru na ocelovém plechu O, jehož polarizační pole spadá mezi 0,8 a 1,9 T. Získané výsledky jsou ukázány v Tabulce 5.

Tabulka 5

	Před působením laseru	Po působení laseru
Polarizace, T	Magnetostrikce $\lambda_{(p-p)} \cdot 10^{-7}$	
0,80	1,7	1,4
1,00	2,3	1,9
1,20	3,5	2,3
1,30	4,2	2,2
1,40	4,6	2,6
1,50	5,2	3,0
1,60	6,0	3,0
1,65	6,5	3,1
1,70	7,0	3,2
1,75	7,6	3,6
1,80	7,9	4,1
1,85	8,2	5,0
1,90	11,6	8,4
1,95	12,3	10,4

5

PATENTOVÉ NÁROKY

10

1. Způsob zlepšení magnetických charakteristik křemíkových ocelových plechů s orientovanými zrny pro elektrotechnické účely působením laseru, při kterém pás křemíkového ocelového plechu, který už prošel sekundárním rekrystalizačním žháním a je pokrytý obvyklými finálními potahy, je podroben účinku laseru s kontinuální emisí o vlnové délce 10,46 μm , který kontinuálně rastruje pohybující se pás ve směru podstatě kolmém na směr pohybu pásu, **vyznačující se tím**, že předem zvolené parametry měrná energie záření, doba setrvání a vzdálenost mezi dvěma následnými stopami laserového paprsku na ocelovém plechu jsou současně a kontinuálně upravovány v rozmezích 0,1 až 25 mJ/mm^2 , 1×10^{-6} s až 1×10^{-2} s, a 2 až 12 mm pro optimalizaci zlepšení alespoň jedné magnetické charakteristiky pásu, vybrané mezi indukci a ztrátami jádra, měřenými kontinuálně před a po podrobení účinku laserového paprsku, bez poškození uvedených potahů.

25

2. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že měrná energie záření je výhodně v rozmezí mezi 2 a 8 mJ/mm^2 .

3. Způsob podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že měrná energie záření je v rozmezí mezi 3 a 5 mJ/mm^2 .

30

4. Způsob podle kteréhokoliv předchozího nároku, **vyznačující se tím**, že doba setrvání je v rozmezí mezi 1×10^{-5} a 1×10^{-3} s.

5. Způsob podle nároku 4, **vyznačující se tím**, že doba setrvání je v rozmezí mezi 1 a 8×10^{-4} s.
- 5 6. Způsob podle kteréhokoliv předchozího nároku, **vyznačující se tím**, že vzdálenost mezi dvěma následujícími řádkami je udržována v rozmezí mezi 3,5 a 8 mm.
7. Způsob podle nároku 6, **vyznačující se tím**, že vzdálenost mezi dvěma následujícími řádkami je udržována na hodnotě o 10 až 20 % nižší než je průměrná velikost zrna.
- 10 8. Způsob podle kteréhokoliv předchozího nároku, **vyznačující se tím**, že rychlost rastrování povrchu pásu laserovým paprskem je v rozmezí mezi 800 a 10 000 m/min.
- 15 9. Způsob podle nároku 8, **vyznačující se tím**, že rychlost rastrování povrchu pásu laserovým paprskem je v rozmezí mezi 1500 a 6000 m/min.
- 10 10. Způsob podle kteréhokoliv předchozího nároku, **vyznačující se tím**, že velikost příčného záběru laserového paprsku nebo délka bodu je v rozmezí mezi 1 a 60 mm.
- 20 11. Způsob podle nároku 10, **vyznačující se tím**, že velikosti příčného záběru laserového paprsku jsou v rozmezí mezi 5 a 50 mm s tím, že typické hodnoty spadají do rozmezí 7 a 40 mm.
- 25 12. Způsob podle kteréhokoliv předchozího nároku, **vyznačující se tím**, že rychlost rotace polygonálního zrcadla laserového optického systému je v rozmezí mezi 100 a 10 000 ot./min.
- 30 13. Způsob podle nároku 12, **vyznačující se tím**, že rychlost rotace zrcadla je mezi 600 a 6000 ot./min.

35

Konec dokumentu
