

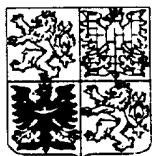
# PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

## 284 195

(19)

ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **1218-93**

(22) Přihlášeno: **22. 10. 92**

(30) Právo přednosti:

**22. 10. 91 KR 91/9118622**  
**22. 10. 91 KR 91/9118626**  
**09. 10. 92 KR 92/9218617**  
**09. 10. 92 KR 92/9218618**  
**09. 10. 92 KR 92/9218619**

(40) Zveřejněno: **17. 06. 98**  
**(Věstník č. 6/98)**

(47) Uděleno: **16. 07. 98**

(24) Oznámeno udělení ve Věstníku: **16. 09. 98**  
**(Věstník č. 9/98)**

(86) PCT číslo: **PCT/KR92/00050**

(87) PCT číslo zveřejnění: **WO 93/08313**

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>:

**C 22 C 38/04**  
**C 22 C 38/16**  
**C 21 D 8/12**  
**H 01 F 1/16**

(73) Majitel patentu:

Pohang Iron and Steel Co., Ltd., Kyong Sang  
Book-Do, KR;  
RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL  
SCIENCE AND TECHNOLOGY, Kyong Sang  
Book-Do, KR;

(72) Původce vynálezu:

Bae Byung Keun, Kyong Sang Book-Do, KR;  
Cha Sang Yun, Kyong Sang Book-Do, KR;  
Woo Jong Soo, Kyong Sang Book-Do, KR;  
Kim Jong Keun, Kyong Sang Book-Do, KR;  
Kim Jong Koo, Kyong Sang Book-Do, KR;  
Chun Choon Hang, Seoul, KR;

(74) Zástupce:

PATENTSERVIS PRAHA, Jívanská 1/1273,  
Praha 4, 14021;

(54) Název vynálezu:

**Neorientované elektrické ocelové plechy  
a způsoby jejich výroby**

(57) Anotace:

Ocel pro neorientované elektrické ocelové plechy má obsah, uvedeno v procentech hmotnostních: uhlík C menší než 0,02 %, křemík Si menší než 3,5 %, mangan Mn menší než 0,5 %, fosfor P menší než 0,15 %, síra S menší než 0,015 %, hliník Al menší než 0,7 %, kyslík O menší než 0,005 %, dusík N menší než 0,008 %, nikl Ni 0,02 % až 1 %, měď Cu 0,02 % až 0,4 % a 0,02 % až 0,2 % hmotnostních alespoň jednoho členu, vybraného ze skupiny, skládající se z cínu Sn a antimonu Sb, přičemž zbytek je železo Fe a další doprovodné nečistoty. Při výrobě neorientovaných elektrických ocelových plechů se ocelová deska válcuje za tepla, pak se žihá a moří, načež se válcuje za studena a opět žihá, přičemž finální válcování za tepla se dokončí v teplotním rozsahu 750 °C až Ar1 ve feritické fázi a žhání plechu, válcovaného za tepla, se provádí kontinuálním postupem v teplotním roz-

sahu 700 °C až 1000 °C po dobu 10 sekund až 20 minut.

CZ 284 195 B6

## Neorientované elektrické ocelové plechy a způsoby jejich výroby

### Oblast techniky

5

Vynález se týká neorientovaných elektrických ocelových plechů, používaných jako jádrový materiál v elektrotechnickém strojírenství a v zařízeních jako jsou různé motory, generátory, malé transformátory, jádra předřadníků a podobně a způsobu jejich výroby, zejména pak neorientovaných elektrických ocelových plechů s malými ztrátami v železe a s vysokou hustotou magnetického toku a permeabilitou.

10

### Dosavadní stav techniky

Výrobek s neorientovanými elektrickými plechy může být obecně klasifikován podle obsahu křemíku Si. Je hodnocen jako výrobek nízké jakosti, pokud je obsah Si menší než 1 %, střední jakosti, pokud je obsah 1 až 2 % a vysoké jakosti, pokud je vyšší než 2 %. Tato klasifikace je založena na skutečnosti, že ztráty v železe se zmenšují, pokud se přidává Si. Avšak hustota magnetického toku i permeabilita klesají, pokud se zvyšuje obsah Si. Výhodné elektrické vlastnosti jsou ty, kde ztráty v železe jsou malé a hustota magnetického toku a permeabilita jsou vysoké. Jelikož Si, který zvyšuje tvrdost výsledného výrobku, nepříznivě ovlivňuje studené válcování při výrobě nebo vyrážení při zpracování spotřebitelem, preferují výrobci přidávat malá množství a, pokud to jde, snížit ztráty v železe. Tím se stal nezbytným vývoj neorientovaných elektrických plechů s malým obsahem Si i s malými ztrátami v železe a s vysokou hustotou magnetického toku.

25

Ztráty v železe v neorientovaných elektrických ocelových plechách mohou být větší rozděleny na hysterézní ztráty a ztráty vířivými proudy. Ztráty vířivými proudy jsou dány chemickým složením výrobku, tloušťkou, frekvencí atd. V blízkosti frekvence pro normální použití se ztráta hysterézi podílí na celkové ztrátě více než 50 %. Avšak ztráta vířivými proudy se může stát vyšší než ztráta hysterézi při speciálních použití s vysokou frekvencí. Aby se snížila ztráta způsobená vířivými proudy, je možné přidat prvky s vyšším odporem jako jsou Si a Al, nebo může být zmenšena tloušťka konečného výrobku. Aby se snížily ztráty v chemickém složení při stejné tloušťce a frekvenci, je důležité snížit ztráty způsobené hysterézí. Protože ztráta hysterézi je nepřímo úměrná velikosti zrna, mělo by být zrno co největší. Vývojem rovin, které jsou rovnoběžné s povrchem plechu výrobku, to znamená texturou ve tvaru  $\{110\} [u_1 v_1 w_1]$  nebo  $\{200\} [u_2 v_2 w_2]$ , mohou být sníženy ztráty v železe a současně zlepšena hustota magnetického toku a permeabilita. Magnetické vlastnosti nejsou vždy zlepšeny úměrně velikosti zrna. Pokud je však textura rovin dobře vytvořena, a pokud je zrno velké, pak jsou magnetické vlastnosti zlepšeny. Když roviny textury jsou dobře vyvinuty, pokud textura roviny, která zhoršuje magnetické vlastnosti, může být při své tvorbě potlačena, pak mohou být magnetické vlastnosti zlepšeny.

30

35

40

Mezi způsoby, jak ovlivnit růst zrna, je způsob nastavení složení nebo způsob čisté výroby oceli. Tím, že se vyrobí jemné precipitáty, většinou může finální zrno produktu snadno růst. Přestože metoda čištění oceli je dobrým způsobem, vzhledem ke struktuře výhodné pro magnetické vlastnosti, je také možné použít metodu, která používá přísady určitých prvků, umožňujících řízení textury a která inhibuje texturu roviny zhoršující magnetické vlastnosti.

45

50

Způsoby výroby výše popsaných elektrických plechů jsou rozděleny na úplné postupy a semi-postupy. Ocelová deska je zahřáta, válcována za tepla a za tepla válcovaný plech může být mořen po žihání. V úplném postupu je za tepla válcovaný plech mořen, válcován za studena a žihán. Další postup je zpracování spotřebitelem, neboli výrobcem elektrických zařízení. V semi-

postupu je za tepla válcovaný plech mořen, válcován za studena, je provedeno vložené žihání a potom se provede povrchové válcování za studena nebo lehké převálcování za studena.

5 Další postup je zpracování spotřebitelem, neboli výrobcem elektrických zařízení a žihání na uvolnění napětí. V případě celého postupu se používá metoda dvojitého válcování za studena, ve které v pořadí první válcování za studena se provádí při nízkých teplotách a druhé v pořadí se provádí po vloženém žihání. Tato metoda také spadá do celého postupu, protože vysokoteplotní žihání se provádí po válcování za studena, které je druhé v pořadí.

10 Protože neorientované elektrické plechy, připravené semi-postupem, jsou povrchově válcovány za studena nebo lehce převálcovány za studena, musí výrobci elektrických zařízení provést žihání, které uvolňuje napětí. Pokud se týká neorientovaných elektrických plechů, které byly připraveny úplným postupem, napětí se může více nebo méně vyskytnout při zpracování výrobcí elektrických zařízení a zbytková napětí mohou být uvolněna při vysokoteplotním žihání.  
15 V důsledku toho magnetické vlastnosti při žihání u výrobců elektrických zařízení, které uvolňuje napětí, mohou být zlepšeny magnetické vlastnosti.

V dřívějších výrobcích přípravy neorientovaných elektrických plechů se používal postup na zlepšení permeability, ale s vysokými ztrátami v železe, spočívající ve snížení obsahu Si nebo Al, ale tento postup má omezené použití, vzhledem k vysokým ztrátám energie. Dále existuje  
20 postup, vedoucí ke snížení ztrát, zvýšením obsahu Si nebo Al, u kterého jsou hustota magnetického pole a permeabilita nízké. Tato metoda má však jisté nevýhody, vzhledem k účinnosti elektrických stojů. Korejské patentové přihlášky 88-017514, 88-017924 a 89-020173 uvádějí, že prvky jako jsou Zr a B byly přidány k oceli, obsahující Sb, avšak textura a krystalové  
25 zrno, výhodné pro magnetické vlastnosti, se v konečném produktu dostatečně nevyvinuly. Korejská patentová přihláška 91-5867 uvádí způsob svinování na vzduchu po válcování s úběrem tloušťky větším než 15 %, které bylo provedeno ve feritové fázi při válcování za tepla. Při tomto postupu bez použití zvláštních prvků jako jsou Sn, Ni a Cu je však zrno malé a textura není dostatečně výhodná, vzhledem k magnetickým vlastnostem. U.S. patent 4,204,890 uvádí metodu  
30 pro zlepšení magnetických vlastností vytvořením textury s magnetickými vlastnostmi použitím kontinuálního žihání nebo žihání ocelových plechů s přídavkem Sb za tepla válcovaných. Tato metoda má tu nevýhodu, že musí být snížen obsah S, aby se umožnil růst zrna. Japonský patent 63-317627 uvádí ocel vyráběnou semi-postupem, obsahující jeden nebo více prvků, vybraných ze skupiny, skládající se z Sn nebo Sb, Ni a Cu a s přídavkem Mn 1,0 až 1,5 %, a postup její  
35 výroby. V tomto postupu způsobuje zvýšený přídavek Mn vzrůst ceny. Mn je také prvek, který snadno vytváří austenitickou fázi, která zůstává austenitickou až do nízkých teplot, což má tu nevýhodu, že magnetické vlastnosti jsou špatné, a obzvláště hustota magnetického toku, pokud se provádí válcování austenitické fáze za tepla, je nízká.

40

#### Podstata vynálezu

Výše uvedené nevýhody odstraňují neorientované elektrické ocelové plechy s vylepšenými magnetickými vlastnostmi podle vynálezu o základním složení oceli s legujícími prvky Sn, Sb,  
45 Ni, Cu, Mn, Al a Si, jejichž podstatou je to, že vykazují složení, uvedené v hmotnostních procentech: uhlík C je menší než 0,02 %, křemík Si menší než 3,5 %, mangan Mn menší než 0,5 %, fosfor P menší než 0,15 %, síra S menší než 0,015 %, hliník Al menší než 0,7 %, kyslík O menší než 0,005 %, dusík N menší než 0,008 %, nikl Ni 0,02 % až 1 %, měď Cu 0,02 % až 0,4 % a 0,02 % až 0,2 % alespoň jednoho členu, vybraného ze skupiny, skládající se z cínu Sn a antimonu Sb, přičemž zbytek je železo Fe a další doprovodné nečistoty.

50

Podstatou vynálezu je dále to, že zrno má velikost 25 až 200  $\mu\text{m}$  a texturní parametr, počítaný na základě vzorce Horta, je větší než 0,2.

Podstatou vynálezu je pak i způsob výroby neorientovaných elektrických ocelových plechů semi-postupem, jehož podstata spočívá v tom, že ocelová deska s obsahem uhlíku C menší než 0,02 % křemíku Si menší než 3,5 %, manganu Mn menší než 0,5 % fosforu P menší než 0,15 %, síry S menší než 0,015 %, hliníku Al menší než 0,7 %, kyslík O menší než 0,005 %, dusíku N menší než 0,008 %, niklu Ni 0,02 % až 0,2 % alespoň jednoho členu, vybraného ze skupiny skládající se z cínu Sn a antimonu Sb, přičemž zbytek je železo Fe a další doprovodné nečistoty, se válcuje za tepla, žihá se, moří se, válcuje se za studena, načet se opět žihá.

Podstatou tohoto způsobu je dále to, že finální válcování za tepla se dokončí v teplotním rozsahu 750 °C až 800 °C ve feritické fázi, a že žihání plechu, válcovaného za tepla, se provádí kontinuálním postupem v teplotním rozsahu 700 °C až 1000 °C pod dobu 10 sekund až 20 minut.

Podstatou vynálezu je pak i způsob výroby neorientovaných elektrických ocelových plechů semi-postupem, jehož podstata spočívá v tom, že ocelová deska s obsahem uhlíku C menším než 0,02 %, křemíku Si menším než 3,5 %, manganu Mn menším než 0,5 %, fosforu P menším než 0,15 %, síry S menší než 0,015 %, hliníku Al menším než 0,7 %, kyslíku O menším než 0,005 %, dusíku N menším než 0,008 %, niklu Ni 0,02 % až 1 %, mědi Cu 0,02 % až 0,4 % a obsahem 0,02 % až 0,2 % alespoň jednoho členu, vybraného ze skupiny skládající se z cínu Sn a antimonu Sb, přičemž zbytek je železo Fe a další doprovodné nečistoty, se zahřeje, válcuje za tepla, přičemž se finální zpracování provádí při teplotě vyšší než 800 °C ve ferritické fázi, s úběrem větším než 7 %, načež se plech svine při teplotě vyšší než 600 °C, ochladí se na vzduchu, moří se, válcuje se jednostupňově nebo dvoustupňově za studena, po kterém se provede vysokoteplotní žihání v rozsahu teplot 700 °C až 1100 °C po dobu 10 sekund až 10 minut.

Neorientované elektrické ocelové plechy, vyráběné podle tohoto vynálezu, jsou charakterizovány tím, že ztráty v železe jsou nízké i při relativně nízkém obsahu Si a že hustota magnetického toku a permeabilita jsou vysoké i při relativně vysokém obsahu Si.

U výše zmíněných neorientovaných elektrických plechů podle tohoto vynálezu je zlepšení magnetických vlastností způsobeno tím, že Sn, Sb, atd. jsou segregovány na hranicích zrn, čímž je zabráněno intersticiálnímu prvku pronikat dovnitř oceli při výrobním postupu oceli. Cu vytváří velké sirmé precipitáty se S a Mn. Protože Cu a Ni jsou přidávány současně, je zlepšena korozní odolnost za vysokých teplot a je zabráněno prohlubování povrchové zoxidované vrstvy. Dále při žihání roste zrno a daleko lépe se vytváří textura roviny (110) a roviny (200), která je výhodná pro magnetické vlastnosti. To umožňuje výrobu neorientovaných elektrických ocelových plechů se špičkovými magnetickými vlastnostmi.

Existuje mnoho postupů, ukazujících texturní charakteristiky ocelového plechu. V tomto vynálezu byly texturní koeficient a texturní parametr určený pomocí vzorce podle Horta (viz vzorec (1) a (2) popsán níže). Vzorec (1) naznačuje texturní koeficient ( $P_{hkl}$ ) náhodně vybrané roviny v proměřovaném ocelovém plechu a vzorec (2) určuje texturní parametr jako poměr texturního koeficientu mezi rovinami (200), a (100) a krystalové roviny (310), výhodných pro magnetické vlastnosti a rovin (211), (22) a (321), nevýhodných pro magnetické vlastnosti. Ve vzorci (1),  $I_{hkl}$  značí texturní intenzitu měřeného vzorku,  $I_{R,hkl}$  značí náhodnou intenzitu standardního vzorku a  $N_{hkl}$  představuje násobný koeficient. Magnetické vlastnosti jsou zlepšeny, pokud texturní intenzita rovin (200), (110) a (310) roste a texturní intenzita rovin (211), (22) a (321) klesá. Také magnetické vlastnosti jsou zlepšeny, pokud texturní parametr roste a ocel podle tohoto vynálezu vykazuje texturní parametr přinejmenším 0,2.

Texturní koeficient:

$$(P_{hkl}) = (\sum N_{hkl}) \cdot (I_{hkl}/I_{R,hkl}) / (\sum N_{hkl} \cdot (I_{hkl}/I_{R,hkl})) (1)$$

Texturní parametr:

$$(T_p) = (P_{110} + P_{200} + P_{310}) / (P_{111} + P_{222} + P_{321}) \quad (2)$$

5

#### Příklady provedení vynálezu

10 Předložený vynález se týká neorientovaných elektrických ocelových plechů s vylepšenými magnetickými vlastnostmi o složení, uvedením v hmotnostních procentech; C méně než 0,02 %, Si 1,0 až 3,3 %, Mn méně než 1,0 %, P méně než 0,1 %, S méně než 0,01 %, N méně než 0,008 % Al méně než 0,7 %, Ni 0,05 až 1,0 %, Cu 0,02 až 0,05 %, alespoň jeden člen, vybraný ze skupiny, skládající se z Sn a Sb, 0,02 až 0,2 %, zbytek Fe a další doprovodné nečistoty.

15 Dále se předkládaný vynález týká neorientovaných elektrických ocelových plechů s vylepšenými magnetickými vlastnostmi o složení výše uvedeném, ve kterém má zrno velikost větší než 30  $\mu\text{m}$ , lépe 30 až 200  $\mu\text{m}$  a nejlépe 60 až 150  $\mu\text{m}$ , přičemž texturní parametr, počítaný na základech vzorce podle Horta, je větší než 0,2, s výhodou větší než 0,5.

20 Předložený vynález se také týká neorientovaných elektrických ocelových plechů s vylepšenými magnetickými vlastnostmi o složení, uvedeném v procentech hmotnostních: C méně než 0,02 %, Si méně než 1,0 %, Mn méně než 0,5 %, P méně než 0,15 %, S méně než 0,01 %, N méně než 0,008 %, O méně než 0,005 %, Al méně než 0,7 %, Ni 0,05 až 1,0 % Cu 0,02 až 0,5 % součet Sn a Sb 0,02 až 0,2 %, zbytek Fe a další doprovodné nečistoty.

25 Dále se tento vynález týká neorientovaných elektrických ocelových plechů se špičkovými magnetickými vlastnostmi výše uvedeného složení, u kterých je velikost zrna větší než 20  $\mu\text{m}$ , lépe 20 až 250  $\mu\text{m}$ , ještě lépe 40 až 200  $\mu\text{m}$  a texturní parametr, počítaný na základě vzorce podle Horta, je větší než 0,2, s výhodou větší než 0,5.

30 Předpokládaný vynález se také týká neorientovaných elektrických ocelových plechů s vylepšenými magnetickými vlastnostmi o složení, uvedeném v procentech hmotnostních: C méně než 0,02 %, Si méně než 3,5 %, Mn méně než 0,5 %, P méně než 0,15 %, S méně než 0,01 %, N méně než 0,008 %, Al méně než 0,7 %, Ni, 0,02 až 1,0 %, Cu 0,02 až 0,5 %, součet Sn a Sb 0,02 až 0,2 %, Ca 0,001 až 0,02 % a/nebo kov vzácných zemin (REM) 0,003 až 0,03 %, zbytek Fe a další doprovodné nečistoty.

40 Dále se tento vynález týká neorientovaných elektrických ocelových plechů s vylepšenými magnetickými vlastnostmi výše uvedeného složení, u kterých je velikost zrna větší než 30  $\mu\text{m}$ , lépe 30 až 250  $\mu\text{m}$ , ještě lépe 50 až 200  $\mu\text{m}$  a texturní parametr, počítaný na základě vzorce podle Horta, je větší než 0,2, s výhodou větší než 0,5.

45 Předkládaný vynález se také týká neorientovaných elektrických ocelových plechů s vylepšenými magnetickými vlastnostmi o složení, uvedeném v procentech hmotnostních: C 0,02 až 0,06 %, Si méně než 3,5 %, Mn méně než 0,5 %, P méně než 0,15 %, S méně než 0,01 %, N méně než 0,008 %, Al méně než 0,7 %, O méně než 0,005 %, Ni 0,02 až 1,0 %, Cu 0,02 až 0,5 %, součet Sn a Sb 0,02 až 0,2 %, Ca 0,001 až 0,02 %, zbytek Fe a další doprovodné nečistoty.

50 Dále se tento vynález týká neorientovaných elektrických ocelových plechů s vylepšenými magnetickými vlastnostmi výše uvedeného složení, u kterých je velikost zrna větší než 20  $\mu\text{m}$ , lépe 20 až 250  $\mu\text{m}$ , ještě lépe 40 až 180  $\mu\text{m}$  a texturní parametr, počítaný na základě vzorce podle Horta, je větší než 0,3, s výhodou větší než 0,5.

- V dalším jsou popsány důvody omezení složení a rozsahu složení oceli podle tohoto vynálezu. Výše zmíněný C, umožňující vytvoření struktury výhodné pro magnetické vlastnosti, může být přidáván až do maxima, plného množství 0,06 %, přičemž je nutné vzít v úvahu oduhličovací účinnost. Avšak, aby se dále snížil zbytkový uhlík, je požadován jeho obsah menší než 0,02 %.
- 5 V případě, že obsah C je vyšší než 0,008 % v desce, je možné použít oduhličovací žihání. Aby se zabránilo magnetickému stárnutí materiálu způsobenému zbytkovým uhlíkem, je požadováno omezení jeho obsahu na méně než 0,003 %.
- Výše zmíněný Si je základním prvkem, určujícím vlastnosti produktu z neorientovaných elektrických ocelových plechů a snižuje ztráty v železe zvýšením odporu. Je však výhodné přidávat v množství menším než 3,5 %, protože Si zhoršuje zpracovatelnost při válcování za studena. Obzvláště při obsahu Si pod 1,0 % je zlepšena válcovatelnost za studena. Právě tak může být zlepšena hustota magnetického toku a permeabilita.
- 10 Výše zmíněný Mn způsobuje snížení ztrát v železe zvýšením odporu, ale protože reaguje se S za vzniku jemného MnS, což zhoršuje magnetické vlastnosti, je nutné udržovat obsah S nízký, aby se tomuto zhoršení zabránilo. Také, protože se může tvořit více jemných sraženin, když je obsah Mn větší než 1,0 % při opětném ohřevu na teplotu vyšší než 1200 °C, je požadováno omezení obsahu Mn pod 1,0 % a je lepší, pokud obsah Mn je menší než 0,5 %.
- 15 Protože výše zmíněný P snižuje ztrátu vířivými proudy ve ztrátách v železe zvýšením odporu a zlepšuje magnetické vlastnosti rozvoje textury rovin (200) a (110), které jsou výhodné pro magnetické vlastnosti, může být přidáván až do dosahu maximálně 0,15 %. Ale protože P zvyšuje v podstatě pevnost surového materiálu, P může být přidáván pouze do 0,1 %, aby se nezhorsila zpracovatelnost při válcování za studena.
- 20 Výše zmíněná S je doprovodná nečistota a tedy je, za účelem dosažení dobrých magnetických vlastností výhodné ji pokud možno nepřidávat. Podle tohoto vynálezu však může být přítomna až do 0,01 %. Mn neovlivňuje silně magnetické vlastnosti, pokud je jeho obsah menší než 0,5 %.
- 25 Dokonce i když obsah S, ovlivňující nepříznivě magnetické vlastnosti, dosahuje 0,15 %, roste zrna snadno a může tedy být dosaženo zlepšení magnetických vlastností. Je to způsobeno tím, že pokud je obsah Mn nízký, vytváří přidaná Cu velké sirné precipitáty, v důsledku toho se tvoří velké precipitáty Mn(CU)S místo malých precipitátů, zrna roste dobře a tak se vytváří textura, která je výhodná pro dobré magnetické vlastnosti.
- 30 Protože Al snižuje ztráty v železe zvýšením odporu a je přidáván, za účelem růstu jemných precipitátů, jako je AlN nebo, za účelem deoxidace roztavené oceli, při výrobě, je žádoucí, s ohledem na stupeň zlepšení magnetických vlastností (a protože je drahý), přidávat maximálně 0,7 % Al.
- 35 Protože N, který je doprovodnou nečistotou, vytváří jemné precipitáty a zhoršuje magnetické vlastnosti, je výhodné, aby jeho obsah byl co nejnižší a je dovolena maximální koncentrace 0,008 %.
- 40 Výše zmíněný O, který je doprovodnou nečistotou, je odstraňován Al a pod., ale vzrůst O mezi finálními sloučeninami při výrobě oceli znamená zvýšení jemných precipitátů nebo nekovových vměstků. V důsledku toho a také pro čištění oceli je žádoucí, aby jeho obsah byl co nejnižší. Bude to výhodné pro růst zrna. Protože rovina (111), která negativně ovlivňuje magnetické vlastnosti závislé na textuře, může být potlačena při malém obsahu O, je také z těchto důvodů
- 45 žádoucí, aby obsah O byl pod maximální hranicí 0,005 %.
- 50 Výše zmíněný Ni má malý vliv na nezávislý růst zrna a přidává se proto v kombinaci s prvky, včetně Cu, P atd. Tak se vytváří textura, výhodná pro magnetické vlastnosti, a tím se snižují ztráty v železe vzrůstem odporu. Avšak cena Ni je vysoká a je tedy vhodné přidávat maximálně

1,0 %, vzhledem ke stupni zlepšení magnetických vlastností a objemu nutných nákladů. Ni také zlepšuje korozní odolnost při vysokoteplotním žhání a korozní odolnost ocelí s přídavkem P. Je tedy žádoucí přidat minimálně 0,02 %, vzhledem ke stupni zlepšení magnetických vlastností. Výhodnější obsah výše zmíněného Ni je 0,05 až 1,0 %.

5

Pokud se týče Sn a Sb, je možné přidávání buď jednoho, nebo obou prvků ve vzájemné kombinaci. Tyto prvky jsou přidávány pro řízení typu zrna jako segregiční prvky, které brání vzniku roviny (111), která zhoršuje magnetické vlastnosti. Pokud je přídavek těchto prvků menší než 0,02 %, jsou důsledky jejich přítomnosti malé, a pokud je obsah větší než 0,2 %, pak je obtížné studené válcování plechů válcovaných za tepla. V důsledku toho je žádoucí omezit obsah Sn a Sb mezi 0,02 a 0,2 %. Avšak pokud je přidáváno méně Cu než 0,4 %, může být přidáno 0,3 % Sn nebo Sb, a to jednotlivě nebo v kombinaci.

Výše zmíněná Cu ovlivňuje příznivě korozní odolnost, snižuje ztráty v železe zvýšením odporu, vytváří velké fosforové precipitáty, podporuje růst velkých krystalů a vytváří struktury, která je výhodná pro magnetické vlastnosti a s přídavkem P silně zvyšuje oxidační odolnost ocelí. Protože Cu se přidává současně s nezávislým přídavkem Ni, může tím být výrazně potlačena oxidace, obzvláště za vysokých teplot. Aby se udržel lepší povrch ocelových plechů, válcovaných za tepla, bez trhlin, v případech, kde byl současně přidáván segregiční prvek rozhraní zrn, včetně Sn apod., je přidávána Cu až do maximální koncentrace 0,5 %. Magnetické vlastnosti mohou být zlepšeny přidáním alespoň 0,02 % Cu. Podle toho je žádoucí omezit obsah Cu mezi 0,02 až 0,5 %. Avšak u ocelí, ve kterých bylo přidáno více než 0,2 % Sn nebo Sn jednotlivě nebo v kombinaci, může být dosaženo uspokojivého povrchu plechu válcovaného za studena přidáním až 0,4 % Cu.

25

Výše zmíněné Ca nebo kov vzácných zemin (REM) mohou být přidávány nezávisle nebo v kombinaci a působí zvětšení zrn precipitátů, včetně jemného MnS apod., čímž mohou být zlepšeny magnetické vlastnosti produktu. Pokud se týče REM, přídavek jednoho prvku, nebo i více než dvou, o koncentraci 0,003 až 0,3 % potlačuje texturu plochy (111), která je nevýhodná pro magnetické vlastnosti a jejíž nukleace probíhá okolo jemných precipitátů.

30

V následujícím je popsán postup výroby neorientovaných elektrických ocelových plechů podle tohoto vynálezu.

Při výrobě neorientovaných elektrických ocelových plechů s vylepšenými magnetickými vlastnostmi úplným postupem z ocelové desky, o složení, uvedeném v procentech hmotnostních, C méně než 0,02 %, Si 1 až 3,5 %, Mn méně než 1 %, P méně než 0,1 %, S méně než 0,01 %, N méně než 0,008 %, Al méně než 0,7 %, Ni 0,05 až 1,0 %, Cu 0,02-0,5 %, součet Sn a Sb 0,02 až 0,2 % zbytek Fe a další doprovodné nečistoty, byla za tepla válcována, bylo provedeno žhání za tepla válcovaných plechů, moření a prvé nebo druhé válcování za studena, dále bylo provedeno vysokoteplotní žhání za studena válcovaného plechu a žhání a odstranění napětí.

40

Potom, co ocelová deska výše uvedeného složení je vložena do zahřívací pece, zahřátá a válcována za tepla, je žádoucí svinovati plech za teploty vyšší než 600 °C. Deska může být zahřátá v uvedené zahřívací peci až na 1250 °C.

45

Tento plech, válcovaný za tepla výše popsaným způsobem, je žhán kontinuálním způsobem na teplotu 700 až 1100 °C po dobu 10 sekund až 20 minut, nebo je žhán při teplotě 600 až 1000 °C po dobu 30 minut až 10 hodin. Protože zrno neroste dostatečně, pokud doba žhání při kontinuálním způsobu je menší než 10 sekund, zhoršují se magnetické vlastnosti. Pokud doba žhání je větší než 20 minut, pak se projeví kapacitní omezení zařízení. Proto je vhodné omezit kontinuální žhání za tepla válcovaných plechů na 10 sekund až 20 minut.

50

Vliv výše zmíněného žihání je malý, pokud je žihací čas menší než 30 minut a produktivita se zhoršuje, pokud je žihací čas větší než 10 hodin. Proto je vhodné omezit krabicové žihání na dobu mezi 30 minutami a 10 hodinami.

5 Za tepla válcovaný plech, který byl žihán kontinuální žihací metodou nebo žihán v krabici, byl mořen běžným postupem, je dále v jednom stupni nebo poprvé válcován za studena, je podroben mezistupňovému žihání a druhému válcování za studena a vysokoteplotně žihán.

10 Výše zmíněné vysokoteplotní žihání je prováděno kontinuálním postupem v teplotním rozsahu 700 až 1000 °C do 10 minut a je žádoucí, aby proběhu v atmosféře 100 % dusíku nebo v atmosféře dusíku a vodíku, a dalších inertních plynů.

15 Pokud je obsah C ve výše zmíněném, za studena válcovaném plechu, vyšší než 0,008 %, může být před vysokoteplotním žiháním provedeno oduhličení ve směsné atmosféře dusíku a vodíku v době kratší než 10 minut s rovným bodem 20 až 70 °C. Pokud je obsah C vyšší než 0,003 %, může být tepelné zpracování provedeno výrobcem elektrických zařízení pomocí oduhličující atmosféry při žihání k uvolnění napětí. Izolační potah může být proveden po vysokoteplotním žihání výše zmíněného, za studena válcovaného plechu, a výrobce elektrických zařízení může provést žihání na modro u nepotažených výrobků.

20 Je žádoucí řídit podmínky výše zmíněného výrobního postupu, přičemž zrno neorientovaných elektrických ocelových plechů podle tohoto vynálezu vyráběných, jak bylo uvedeno výše, má velikost 30 μm, s výhodou 30 až 200 μm a ještě lépe 60 až 150 μm, přičemž texturní parametr dle Horta je vyšší než 0,2 a ještě lépe více než 0,5.

25 Dále se tento vynález týká postupu výroby neorientovaných elektrických ocelových plechů s vylepšenými magnetickými vlastnostmi semi-postupem, ve kterém ocelová deska, o složení, uvedeném v procentech hmotnostních, C méně než 0,02 %, Si méně než 1,0 %, Mn méně než 0,5 %, P méně než 0,15 %, S méně než 0,01 %, N méně než 0,008 %, O méně než 0,005 %, Al méně než 0,7 %, Ni 0,05 až 1,0 %, Cu 0,02 až 0,5 %, součet Sn a Sb 0,02 až 0,2 % zbytek Fe a další doprovodné nečistoty, je válcována za tepla, je provedeno žihání plechu, moření, načež se válcuje za studena a opět žihá.

35 Potom, co ocelová deska, vytvořená podle výše popsaného, je vložena do zahřívací pece, zahřáta a za tepla válcována, je žádoucí, aby byla svinuta při vyšší teplotě, vyšší než 600 °C. Deska může být v peci ohřáta až na 1300 °C.

40 Výše zmíněné válcování za tepla se provádí při konečné teplotě finálního válcování vyšší než 750 °C a ve feritické fázi pod bodem  $A_{r1}$ . Hustota magnetického toku a permeabilita produktu jsou horší, pokud konečná teplota válcování je vyšší než  $A_{r1}$ , nebo vznikne nadměrné zatížení během stlačení při válcování, pokud je teplota menší než 750 °C.

45 Plech, který byl válcován za tepla podle postupu popsaného výše, může být žihán kontinuální žihací metodou nebo žiháním v krabici. Pokud je za tepla válcovaný plech žihán kontinuálním způsobem, je potřebné provádět žihání po dobu mezi 10 sekundami a 20 minutami při 700 až 1000 °C. Pokud se použije žihání v krabici, je potřebné provádět žihání při 600 až 950 °C po dobu 30 minut až 10 hodin.

50 Zrno neroste dostatečně, pokud doba žihání výše zmíněnými žihacími metodami je menší 10 sekund, nebo pokud je žihací teplota menší než 750 °C. Magnetické vlastnosti se zhoršují, pokud doba žihání je delší než 20 minut. Je tedy požadováno, aby teplota žihání byla omezena mezi 700 až 1000 °C a doba žihání byla mezi 10 sekundami a 20 minutami.



Pokud teplota žihání v krabici je menší než 600 °C a doba žihání je menší než 30 minut, nevyroste zrna dostatečně a tedy vliv žihání v krabici je malý. Pokud je teplota vyšší než 950 °C, zhoršují se magnetické vlastnosti. Také není ekonomické, pokud doba žihání je větší než 10 hodin. V důsledku toho je žádoucí omezit teplotu žihání na 600 až 950 °C a dobu žihání na 30 minut až 10 hodin. Atmosféra žihání pro kontinuální i krabicové žihání může být neoxidační.

V případě výroby neorientovaných elektrických ocelových plechů úplným postupem je za studena válcovaný plech žihán za vysoké teploty po alespoň 10 minut. Výrobci elektrických zařízení mohou po uvedeném zpracování provádět žihání k uvolnění napětí, je-li to potřeba. Oduhličování žihání může být provedeno před vysokoteplotním žiháním, pokud je C vysoký. Toto oduhličovací žihání může být provedeno ve směsné atmosféře vodíku a dusíku normálním způsobem.

V případě výroby neorientovaných elektrických ocelových plechů semi-postupem při zpracování plechů válcovaných za studena se provádí mezižihání při 650 až 950 °C po dobu méně než 5 minut, povrchové válcování za studena s úběrem 2,0 až 15,0 %. Žihání na uvolnění napětí a k růstu zrna je prováděno po zpracování výrobcí elektrických zařízení. Pokud plech po mezižihání je válcován s úběrem menším než 2,0 %, pak zrna nenačnou dostatečně, a pokud je plech válcován s úběrem větším než 15 %, stává se zrna menším a magnetické vlastnosti se tím zhoršují. Proto je žádoucí, omezit úběr na 2 až 15 %. Izolační povlak může být na každém produktu (ocelovém plechu), vyrobeném v úplném postupu i semi-postupu, vytvořen před předáním výrobcí elektrického zařízení. Žihání do modra může být provedeno pro nepovlečené výrobky při tepelném zpracování výrobcí elektrického zařízení.

V případě výroby neorientovaných elektrických ocelových plechů úplným postupem je žádoucí řídit podmínky výrobního postupu tak, aby zrna byla větší než 20 μm, s výhodou 20 až 150 μm, ještě lépe 40 až 120 μm a texturní parametr podle Horta by měl být větší než 0,2 a ještě lépe větší než 0,5.

Zato v případě výroby neorientovaných elektrických ocelových plechů semi-postupem je žádoucí řídit výrobní podmínky tak, aby zrna byla větší než 50 μm, s výhodou 50 až 250 μm a ještě lépe 80 až 200 μm a texturní parametr podle Horta by měl být větší než 0,2 a ještě lépe větší než 0,5.

Dále se tento vynález týká postupu výroby neorientovaných elektrických ocelových plechů s vylepšenými magnetickými vlastnostmi, kde ocelová deska, o složení, uvedeném v hmotnostních procentech, C méně než 0,02 %, Si méně než 3,5 %, Mn méně než 0,5 %, P méně než 0,15 %, S méně než 0,015 %, Al méně než 0,7 %, O méně než 0,005 %, N méně než 0,008 %, součet Sn a Sb 0,02 až 0,3 %, ni méně než 0,008 %, Cu 0,02 až 0,5 % zbytek Fe a další doprovodné nečistoty, je zahřívána, válcována za tepla, přičemž konečné válcování je provedeno ve feritické fázi za teploty vyšší než 800 °C, s úběrem větším než 7 %, přičemž za tepla válcovaný plech je svinut za teploty vyšší než 600 °C, je ochlazen na vzduchu, mořen, válcován za studena, jednostupňově nebo dvoustupňově, a následně vysokoteplotně žihán mezi 700 až 1100 °C po dobu 10 sekund až 10 minut. Potom, co ocelová deska o výše uvedeném složení byla vložena do zahřívací pece, začíná válcování za tepla. Opětne zahřátí než na 1300 °C je možné, ale teplota menší než 1250 °C je výhodnější. Je to dáno tím, že AlN, MnS a sirmé precipitáty mědi, obsahující Cu, se vytvářejí hrubé do 1250 °C, ale při více než 1300 °C jsou precipitáty rozpouštěny a mohou být vytvořeny jemné sraženiny, které zhoršují magnetické vlastnosti.

Konečná válcovací teplota při válcování za tepla je důležitá, aby se vytvořila neorientovaná ocel elektrických plechů, jejíž ztráty v železe jsou nízké, hustota magnetického toku a permeabilita jsou vysoké a tedy, magnetické vlastnosti špičkové. Konečné válcování by mělo být prováděno ve feritické fázi při konečné teplotě válcování vyšší než 800 °C. Také je žádoucí, aby úběr byl

větší než 7 %. Je to proto, že zrno ve feritické fázi roste snadněji, pokud úběr při válcování je větší než 7 %.

5 V předloženém vynálezu je konečné válcování prováděno s úběrem alespoň 7 % při teplotě více než 800 °C ve feritické fázi pod bodem  $A_{r1}$  a pak je provedeno vysokoteplotní žihání. Tím jsou zlepšeny magnetické vlastnosti, neboť konečné zrno je značně narostlé.

10 Protože teplota fázové přeměny se objevuje u oceli, mající obsah Si vyšší než 1,5 %, maximální hranice konečné válcovací teploty může být určena teplotou opětného zahřívání.

15 Pokud je válcování za tepla prováděno s úběrem menším než 7 %, nebo při konečné teplotě válcování vyšší než 800 °C, zhoršují se magnetické vlastnosti v důsledku nedostatečného růstu zrna. V tomto finálním válcování jsou magnetické vlastnosti zlepšeny dokonce i při úběru 50 % a maximální hodnota úběru není omezena, přičemž úběr menší než 50 % je výhodný vzhledem k deformační odolnosti.

20 Plech, který byl válcován za tepla, je svinut při teplotě vyšší než 600 °C a konečné zrno výrobku vyrostle veliké (při normální metodě ochlazení vzduchem). Pokud není svinovací teplota vyšší než 600 °C, nevyrostle zrno dostatečným způsobem a tudíž magnetické vlastnosti se zhorší. Maximální hranice pro výše zmíněnou svinovací teplotu není zvláště omezena a svinování je možné provádět při teplotě, která není vyšší než konečná teplota válcování po konečném válcování ve feritické fázi.

25 Také, pokud plech, který byl válcován za tepla, je svinován, je žádoucí, aby byl svinován při teplotě, která je vyšší než 600 °C. Potom je nutné provést pomalé ochlazování s rychlostí ochlazování ne vyšší než 30 °C za hodinu, vzhledem ke střední části cívky. Pokud je provedeno tak pomalé ochlazování, může být vynecháno žihání za tepla válcovaného plechu.

30 Dokonce i v případě, že za tepla válcovaný plech je chlazen na vzduchu chladicí rychlostí maximálně 30 °C za hodinu, je dosažitelné při atmosférické teplotě 25 °C pomalé chlazení, což může být provedeno metodou souběžného tepelného zakrytí nebo použitím jiného uzavřeného místa. Taková metoda výhodně redukuje teplotní rozdíly mezi střední částí za tepla válcovaného plechu a jeho okrajovou částí při chlazení na vzduchu. V případě použití souběžného tepelného zakrytí, měl by být souběžný tepelný kryt vyroben z materiálu teplu odolnému a tepelná izolace  
35 může být provedena tak, že kryt se pokládá za jednotlivé cívky nebo na hromadu cívek při chlazení. Při použití souběžného tepelného krytu se nechladí na vzduchu, ale vhněním neoxidujícího plynu, jako je dusík, do prostoru souběžného krytu, čímž může být zabráněno oxidaci za tepla válcovaných plechů. Při chlazení plechů válcovaných za tepla výše zmíněnou metodou naroste konečné zrno po vysokoteplotním žihání.

40 Okuje z povrchu plechů za tepla válcovaných, plechů, které byly za tepla válcovány a svinuty a ochlazeny výše zmíněnou metodou, mohou být odstraněny mořením v kyselém roztoku při použití roztoku HCl. Mořený, za tepla válcovaný plech je válcován za studena a válcování za studena může být provedeno v jednom nebo ve dvou stupních.

45 Konečný plech, který byl válcován za studena, jak je zmíněno výše, je po odmaštění běžných válcovacích mazadel v alkalickém roztoku žihán za vysoké teploty. Vysokoteplotní žihání závisí na obsahu Si. Proto je žádoucí provést vysokoteplotní žihání v rozsahu 700 až 1100 °C po dobu 10 sekund až 10 minut. To je proto, že zrno neroste dostatečně při žihání, pokud teplota žihání  
50 není větší než 700 °C, nebo pokud doba žihání je menší než 10 sekund. Magnetické vlastnosti se zhoršují vlivem nadměrné oxidace při žihání, pokud teplota žihání je větší než 1100 °C nebo doba žihání převyšuje 10 minut.

V případě výroby neorientovaných elektrických ocelových plechů výše popsaných, je žádoucí řídit podmínky výrobního postupu tak, aby zrno oceli bylo větší než 25  $\mu\text{m}$ , s výhodou 25 až 200  $\mu\text{m}$  a ještě lépe 30 až 150  $\mu\text{m}$  a texturní parametr byl větší než 0,2 a ještě lépe 0,5.

5 To se týká postupu pro výrobu neorientovaných elektrických ocelových plechů s vylepšenými magnetickými vlastnostmi úplným postupem, ve kterém je ocelová deska, o složení, uvedeném v hmotnostních procentech, C méně než 0,02 %, Si méně než 3,5 %, Mn méně než 0,5 %, P méně než 0,15 %, S méně než 0,01 %, N méně než 0,008 %, Al méně než 0,7 %, Ni 0,02 až 1,0 %, Cu 0,02 až 0,5 %, součet Sn a Sb 0,02 až 0,2 %, Ca 0,001 až 0,02 a/nebo REM 0,003 až 10 0,3 % zbytkový Fe a další doprovodné nečistoty, válcována za tepla, svinuta, mořena nebo mořena po žihání, válcována za studena v jednom stupni nebo ve dvou stupních a následně vysokoteplotně žihána.

15 Ve výše zmíněném výrobním postupu přidáním více než jednoho prvku, vyčleněno ze skupiny skládající se z Ca 0,001 až 0,02 % nebo REM 0,003 až 0,03 %, přidáním Sn nebo Sb jednotlivě nebo v kombinaci, naroste zrno a vytvoří se textura, která je výhodná pro magnetické vlastnosti. Protože Ca a REM srážejí účinně nečistoty, umožňují tak vyrobit čistou ocel, u které při vysokoteplotním žihání po válcování za studena snadno roste zrno. Přitom textura roviny (111), která zhoršuje magnetické vlastnosti a která se vyskytuje kolem nečistot, je malá. Textura 20 výhodná pro magnetické vlastnosti se rozvíjí dobře a tak se dosahují špičkové magnetické vlastnosti.

V roztavené oceli, připravované ve výrobním postupu, je každý vstupující prvek přidáván před kontinuálním litím. Vychladnutím vznikne deska surového kovu nebo je vyroben ocelový ingot. 25 Prvek Ca může být přidán před nebo během odplyňování. Pokud je prvek REM přidán během odplynění nebo při kontinuální lící operaci, skutečný výtěžek bude vysoký. Další přídatný prvek může být doplněn při jakékoliv operaci od počátku do odplynění.

Ocelová deska, vyrobená postupem výše uvedeným, je vložena do zahřívací pece, aby mohlo být 30 provedeno válcování za tepla. Vlastní válcování se provádí po jejím prohřátí. Při válcování za tepla se nevyskytují problémy, pokud je výsledná teplota vyšší než 750 °C. Je žádoucí, aby se za tepla válcovaný plech svinul za teploty vyšší než 500 °C, a tak se vyrobil finální, za tepla válcovaný plech. Plech, který byl válcován za tepla, jak bylo zmíněno výše, je v dalším válcován za studena na konečnou tloušťku až po moření. Před mořením může být za tepla válcovaný plech 35 žihán buď kontinuálním žiháním, nebo žiháním v krabici. Takovým žiháním jsou dále zlepšeny magnetické vlastnosti. Vyžaduje se, aby se toto říhání provádělo při teplotě vyšší než 700 °C.

Výše zmíněný plech, válcovaný za tepla, může být v prvním stupni válcován za studena, může 40 být provedeno mezižihání v rozsahu teplot 700 až 1000 °C a potom může být proveden druhý stupeň válcování. V případě výroby neorientovaných elektrických ocelových plechů úplným postupem, je žádoucí provést vysokoteplotní žihání (v teplotním rozsahu 700 až 1100 °C). Také v případě výroby neorientovaných elektrických ocelových plechů semi-postupem může být provedeno druhé válcování za studena s méně než 15% úběrem. Výsledný plech může být postoupen výrobcům elektrického zařízení bez vysokoteplotního žihání a žihání, uvolňující 45 napětí, může být provedeno po zpracování výrobcí elektrických zařízení.

Konečný výrobek může být postoupen výrobcům elektrického zařízení po izolačním potažení.

50 V případě výroby neorientovaných elektrických ocelových plechů úplným postupem je žádoucí řídit výrobní postup tak, aby zrno ocelového plechu mělo velikost větší než 30  $\mu\text{m}$ , lépe 30 až 200  $\mu\text{m}$  a ještě lépe 50 až 150  $\mu\text{m}$  a texturní koeficient podle Horta by měl být vyšší než 0,2 a ještě lépe větší než 0,5.

Zatímco v případě výroby neorientovaných elektrických ocelových plechů semi-postupem je žádoucí řídit výrobní postup tak, aby zrno ocelového plechu mělo velikost větší než 50  $\mu\text{m}$ , lépe 50 až 250  $\mu\text{m}$  a ještě lépe 80 až 200  $\mu\text{m}$  a texturní koeficient podle Horta dosáhl více než 0,3 a ještě lépe 0,5.

5

Předkládaný vynález se dále týká postupu pro výrobu neorientovaných elektrických ocelových plechů se špičkovými magnetickými vlastnostmi, při použití úplného postupu, ve kterém je ocelová deska, o složení, uvedeno v procentech hmotnostních, C 0,02 až 0,06 %, Si méně než 3,5 %, Mn méně než 0,5 %, P méně než 0,15 %, S méně než 0,01 %, N méně než 0,008 %, Al méně než 0,7 %, O méně než 0,005 %, součet jednoho nebo obou druhů Sn a Sb 0,02 až 0,2 %, Ni 0,05 až 1,0 %, Cu 0,02 až 0,05 %, zbytek Fe a další doprovodné nečistoty, válcována za tepla, mořena, válcována za studena v jednom nebo ve dvou stupních. Oduhličovací žihání za studena válcovaných plechů se provádí v rozsahu teplot 750 až 900  $^{\circ}\text{C}$  ve směsné atmosféře 60 až 90 % dusíku, 40 až 10 % vodíku, o rosném bodu mezi 30 až 60  $^{\circ}\text{C}$ . Pak se provede konečné vysokoteplotní žihání. Při semi-postupu je ocelová deska o výše uvedeném složení válcována za tepla, mořena poprvé, válcována za studena, načež je provedeno mezižihání a konečné povrchové válcování za studena. Výrobce elektrického zařízení provede žihání pro odstranění napětí.

Ve výše uvedené výrobní metodě podle předloženého vynálezu je zlepšena textura, obzvláště je zlepšena permeabilita, a to provedením oduhličování, protože o uhlíku je známo, že je to prvek, který zhoršuje magnetické vlastnosti vytvářením malých zrn v konečném plechu.

Je žádoucí, aby se svinovalo za teploty vyšší než 500  $^{\circ}\text{C}$ . Teplota desky po opětovném ohřátí může být až 1250  $^{\circ}\text{C}$ .

25

Plech, který byl válcován za tepla, jak je uvedeno výše, může být válcován po moření, aniž prošel žiháním. Také může být válcován po žihání a moření. Za tepla válcovaný plech může být kontinuálně žihán nebo žihán v krabici. Je žádoucí provádět žihání v teplotním rozsahu 700 až 1100  $^{\circ}\text{C}$  po dobu 10 sekund až 20 minut v případě kontinuálního žihání a v teplotním rozsahu 600 až 1000  $^{\circ}\text{C}$  po dobu 30 minut až 10 hodin v případě žihání v krabici. Přitom žihání v krabici brání oxidaci povrchu plechu, způsobené dlouhou dobou žihání, neboť může být prováděno v neoxidující atmosféře, včetně dusíku nebo jiných inertních plynů.

V případě výroby neorientovaných elektrických ocelových plechů úplným postupem se provede jednostupňové nebo první ze studených válcování, mezižihání v teplotním rozsahu 700 až 1000  $^{\circ}\text{C}$  a případě i druhé válcování za studena. Za studena válcovaný plech je podroben vysokoteplotnímu žihání po oduhličovacím žihání. Je žádoucí provádět oduhličovací žihání kontinuální metodou žihání při teplotě mezi 750 až 900  $^{\circ}\text{C}$  v prostředí 60 až 90 % dusíku a 40 až 10 % vodíku s rosným bodem 30 až 60  $^{\circ}\text{C}$  po dobu 1 až 10 minut. Při tomto oduhličovacím žihání je oduhličování nedostatečné, pokud obsah dusíku a vodíku v atmosféře je příliš vysoký nebo příliš nízký. Zbytkový C po oduhličování je příliš vysoký i tehdy, pokud rosný bod je příliš vysoký nebo příliš nízký.

Takové vysokoteplotní žihání je žádoucí provádět při 700 až 1100  $^{\circ}\text{C}$  po dobu méně než 10 minut. Žihací čas je dlouhý, když teplota žihání není vyšší než 700  $^{\circ}\text{C}$ . Tak se vytváří hluboké vnitřní oxidační vrstvy na povrchu plechu. Magnetické vlastnosti se zhoršují, pokud žihací teplota je vyšší než 1100  $^{\circ}\text{C}$ .

V případě výroby neorientovaných elektrických ocelových plechů semi-postupem je provedeno první studené válcování. Mezižihání je provedeno při 650 až 950  $^{\circ}\text{C}$  po dobu méně než 10 minut. Výrobek je po povrchovém válcování za studena s úběrem 2 až 15 % dále zpracováván výrobcem elektrických zařízení. Při takovém mezižihání může být provedeno oduhličovací žihání. V tomto

50

případě je žádoucí provádět kontinuální žihání při 750 až 900 °C po dobu 1 až 10 minut ve směsné atmosféře dusíku a vodíku a tak dosáhnout oduhličení.

5 V případě oduhličovacího žihání, při takovém mezižihání, je žádoucí provádět žihání při rosném bodu 30 až 60 °C ve směsné atmosféře 60 až 90 % dusíku a 40 až 10 % vodíku, neboť oduhličení se stává nedostatečným, pokud obsah dusíku a vodíku je příliš vysoký nebo příliš nízký. Zbytkový C je oduhličení se stává příliš vysokým, pokud rosný bod je příliš vysoký nebo příliš nízký.

10 Dále může být provedeno oduhličovací žihání, při žihání pro uvolnění napětí, u výrobce elektrických zařízení. V takovém případě je žádoucí provádět oduhličovací žihání současně s žiháním na uvolnění napětí za teplot 750 až 850 °C v atmosféře 60 až 90 % dusíku a 40 až 10 % vodíku s rosným bodem 30 až 60 °C.

15 Při tomto žihání je oduhličení nedostatečné, když obsah dusíku a vodíku je příliš vysoký nebo příliš nízký. Zbytkový dusík po oduhličení se stává příliš vysoký, pokud rosný bod je příliš vysoký nebo příliš nízký.

20 V případě výroby neorientovaných elektrických ocelových plechů úplným postupem je žádoucí řídit podmínky výrobního postupu tak, aby zrno ocelových plechů bylo větší než 20 μm, lépe 20 až 180 μm a ještě lépe 30 až 150 μm a texturní parametr počítaný podle Horta byl vyšší než 0,3 a ještě lépe větší než 0,5.

25 V případě výroby neorientovaných elektrických ocelových plechů semi-postupem je žádoucí řídit podmínky výrobního postupu tak, aby zrno ocelového plechu bylo větší než 50 μm, lépe 50 až 250 μm a ještě lépe 80 až 200 μm a texturní parametr počítaný podle Horta byl vyšší než 0,3 a ještě lépe vyšší než 0,5.

30 Tento vynález je popsán detailněji v následujících jeho konkrétních provedeních.

#### Příklad 1

35 Deska, připravená podle způsobu výroby oceli, o chemickém složení, uvedeném v Tabulce 1, je zahřívána na teplotu 1220 °C, je válcována za tepla, jak je uvedeno v následující Tabulce 2, na tloušťku 2,3 mm, svinuta, provedena žihání za tepla válcovaného plechu a je válcována za studena na tloušťku 0,5 mm. Plech byl žihán v atmosféře 20 % vodíku a 80 % dusíku po dobu 3 minuty. Po žihání, prováděné k uvolnění napětí při teplotě 790 °C v atmosféře 100 % dusíku po dobu 2 hodin, byly změřeny příslušné magnetické vlastnosti a naměřená data jsou uvedena  
40 v následující Tabulce 2. Z Tabulky 2 vyplývá, že výrobek (I1-I4) podle tohoto vynálezu, jehož ocel odpovídá předloženému vynálezu a má chemické složení podle tohoto vynálezu, byla připravena v souladu s výrobními podmínkami podle tohoto vynálezu, má špičkové magnetické vlastnosti ve srovnání se srovnávacím výrobkem (C1-C7), který byl připraven ve srovnávací oceli (Ca-Ce), odlišující se od rozsahu chemického složení ocelového plechu podle tohoto  
45 vynálezu.

Výsledkem měření velikosti zrna u každého vzorku, uvedeného v následující Tabulce 2, má srovnávací materiál C1, C2 a C3 postupně velikost 52, 56 a 47 μm a srovnávací výrobek (C4-C7) má rozsah 56 až 63 μm. Výrobek podle tohoto vynálezu (I1-I4) je větší než u srovnávacího  
50 výrobku (C1-C7).

Tabulka 1

(jednotky: hmotnostní %)

Druh oceli	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Sn	Sb	Ni	Cu
C*a	0,005	1,12	0,31	0,04	0,006	0,25	0,004	0,09	-	-	-
C b	0,005	1,15	0,32	0,04	0,006	0,26	0,004	-	-	0,30	-
C c	0,005	1,13	0,30	0,04	0,005	0,26	0,004	-	-	-	0,25
C d	0,005	1,15	0,25	0,04	0,005	0,26	0,004	0,08	0,08	0,30	0,35
C e	0,005	1,14	1,25	0,04	0,005	0,26	0,004			0,45	0,16
I**a	0,005	1,13	0,53	0,04	0,006	0,26	0,005	0,11		0,31	0,15
I b	0,005	1,54	0,51	0,06	0,005	0,28	0,004	-		0,31	0,21
I c	0,005	1,50	0,31	0,06	0,006	0,27	0,004	0,10		0,31	0,21
I d	0,005	2,12	0,30	0,02	0,005	0,34	0,004	0,10		0,31	0,21

kde:

5

\* C značí srovnávací ocel; a

\*\* I značí ocel podle tohoto vynálezu.

10 Tabulka 2

Číslo vzorku	Konečná teplota válcování za tepla	Teplota svinování za tepla válcován. plechů	Podmínky žihání za tepla válcován. Plechů		Vysokoteplotní žihání	Magnetické* vlastnosti			Druh oceli
			Teplota (°C)	Doba (minuta)		W15/50	B50	μ 1,5	
C1	850	700	880	3	950	3,91	1,73	2800	Ca
C2	850	700	880	3	950	3,85	1,74	2950	Cb
C3	850	700	880	3	950	4,12	1,73	2700	Cc
C4	850	700	880	3	950	4,23	1,72	2690	Cd
C5	850	700	880	3	950	3,95	1,73	2750	Ce
C6	850	700	880	3	950	3,85	1,72	2660	Ce
C7	850	700	880	180	950	3,65	1,72	2940	Ce
11	850	700	880	3	950	3,42	1,76	3900	1a
12	850	700	880	3	970	3,30	1,76	3820	1b
13	850	700	880	10	950	3,24	1,77	3950	1c
14	850	700	1050	3	1000	2,85	1,78	3000	1d

kde:

významy symbolů C a I jsou vysvětleny u Tabulky 1.

- 5 \*  $W_{15/50}$  (W/kg): Ztráty v jádře nebo ztráty v železe při magnetizaci při 60 Hz na 1,5 Tesla;  
 $B_{50}$  (Tesla): Indukovaná hustota magnetického toku při magnetizování na 5000 A/m; a  
 $\mu_{1,5}$ : Permeabilita při magnetizování při 50 Hz, aby se dosáhlo 1,5 Tesla.

10

#### Příklad 2

15 Jak je popsáno v následující Tabulce 3, deska o jiném obsahu Cu a Sn byla znovu ohřata na teplotu 1200 °C, finální válcování za tepla bylo dokončeno při teplotě 850 °C a tloušťce 2,3 mm, plech byl svinut při teplotě 700 °C, žihání plechu bylo prováděno po 3 hodiny při teplotě 800 °C a bylo provedeno moření. Po moření byl plech válcován za studena na tloušťku 0,05 mm a následující vysokoteplotní žihání proběhlo při teplotě 950 °C ve 2 minutách. Pak byly měřeny magnetické vlastnosti a výsledky jsou uvedeny v následující Tabulce 4 spolu s povrchovou charakteristikou plechů válcovaných za studena.

20

Tabulka 3

(jednotky: hmotnostní %)

Číslo vzorku	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Sn	Sb	Ni	Cu
I*a	0,006	1,42	0,33	0,09	0,004	0,28	0,004	0,12	-	0,30	0,35
I b	0,005	1,40	0,35	0,08	0,005	0,28	0,004	0,11	0,05	0,31	0,20
C**a	0,005	1,41	0,32	0,09	0,005	0,28	0,004	0,23	-	0,32	0,55

25

kde:

\* I značí ocel podle tohoto vynálezu; a

\*\* C značí srovnávací ocel.

30

Tabulka 4

35

Vzorek číslo	$W_{15/50}$	$B_{50}$	$\mu_{1,5}$	Texturní parametr	Velikost zrna	Stav povrchu plechů válcovaných za studena	Druh oceli
I* 1	3,15	1,76	3950	0,52	75	dobrý	Ia
12	3,12	1,76	3890	0,55	80	dobrý	Ib
C**1	3,65	1,74	3240	0,30	68	popraskaný	Ca

40

kde:

\* I značí výrobek podle tohoto vynálezu;

\*\* C značí srovnávací výrobek;

5  $W_{15/50}$  (W/kg): Ztráty v jádře nebo ztráty v železe při magnetizaci při 60 Hz na 1,5 Tesla;

$B_{50}$  (Tesla): Indukovaná hustota magnetického toku při magnetizování na 5000 A/m; a

$\mu_{1,5}$ : Permeabilita při magnetizování při 50 Hz aby se dosáhlo 1,5 Tesla.

10 Jak je ukázáno ve výše uvedené Tabulce 4, výrobek dle tohoto vynálezu (I1, I2) má špičkové magnetické vlastnosti právě tak, jako uspokojivý stav po válcování ve srovnání se srovnávacím výrobkem (C1), který byl vyroben ze srovnávací oceli (Ca), lišící se od chemického složení podle tohoto vynálezu.

### 15 Příklad 3

Ocelová deska o chemickém složení, uvedeném v procentech hmotnostních, C 0,006 %, Si 2,95 %, Mn 0,35 %, P 0,03 %, S 0,005 %, Al 0,28 %, N 0,003 %, Sn 0,011 %, Ni 0,25 % a Cu 0,16 %, byla zahřata na teplotu 1200 °C, válcována za tepla na tloušťku 2 mm s konečnou  
20 teplotou posledního válcování 900 °C ve feritické fázi a svinuta při teplotě 700 °C. Žihání proběhlo za podmínek uvedených v Tabulce 5. Dále bylo provedeno moření první válcování za studena na tloušťku 1,0 mm. Mezižihání bylo provedeno při teplotě 900 °C a trvalo 2 minuty. Pak bylo provedeno druhé válcování za studena na tloušťku 0,5 (s procentickým úběrem 50 %).  
25 Konečný, za studena vyválcovaný, plech byl potom vysokoteplotní žihán při teplotě 1050 °C po dobu 3 minut, pak byl rozřezán, načež bylo provedeno žihání k uvolnění napětí při teplotě 790 °C po dobu 2 hodin. Potom byly změřeny magnetické vlastnosti a výsledky tohoto měření jsou uvedeny v následující Tabulce 5.

### 30 Tabulka 5

Číslo vzorku	Podmínky žihání za tepla válcovaného plechu		Magnetické vlastnosti		
	Teplota (°C)	Doba (minuta)	$W_{15/50}$	$B_{50}$	$\mu_{1,5}$
C a	680	10	3,21	1,70	2770
I a	730	10	3,21	1,76	3720
I b	650	600	2,58	1,75	3450
I c	950	30	2,45	1,74	3380

40

kde:

Významy symbolů C a I jsou vysvětleny u Tabulky 1;

45 \*  $W_{15/50}$  (W/kg): Ztráty v jádře nebo ztráty v železe při magnetizaci při 60 Hz na 1,5 Tesla;

$B_{50}$  (Tesla): Indukovaná hustota magnetického toku při magnetizování na 5000 A/m; a

$\mu_{1,5}$ : Permeabilita při magnetizování při 50 Hz, aby se dosáhlo 1,5 Tesla.



Jak je uvedeno v Tabulce 5, je zřejmé, že výrobek podle tohoto vynálezu (Ia až Ic), který byl žhán za podmínek v souladu s tímto vynálezem má špičkové magnetické vlastnosti ve srovnání se srovnávacím výrobkem (C a), jehož žhání bylo provedeno za podmínek, které nespádají do rozsahu podmínek podle tohoto vynálezu.

5

## Příklad 4

Každý zkušební vzorek byl vyroben semi-postupem, u kterého ocelová deska o chemickém složení, které je uvedeno v následující Tabulce 6, byla zahřívána na teplotu 1210 °C, byla válcována za tepla za podmínek uvedených v následující Tabulce 7 a svinuta, načež bylo provedeno žhání za tepla válcovaných plechů. Dále byla deska válcována za studena, bylo provedeno mezižhání a konečné válcování. Deska prošla tepelným zpracováním u výrobce elektrického zařízení. Finální tloušťka testovaného vzorku byla 0,47 mm a jeho žhání bylo provedeno v dusíkové atmosféře.

15

U zkušebního vzorku, vyrobeného výše zmíněným postupem, byly proměřeny magnetické vlastnosti. Výsledky měření jsou uvedeny jako průměrné hodnoty, vztažené ke směru válcování a směru kolmému, v Tabulce 7.

20

Tabulka 6

Druh oceli	(jednotky: hmotnostní %)										
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	O	Ni	Cu	Sn
I a	0,005	0,51	0,30	0,80	0,005	0,30	0,003	0,003	0,31	0,25	0,11
C a	0,005	1,15	0,32	0,04	0,005	0,26	0,003	0,003	0,30	-	0,12
C b	0,005	1,13	0,30	0,04	0,005	0,26	0,003	0,002	0,25	0,30	0,15
C c	0,005	1,15	1,25	0,04	0,005	0,26	0,003	0,006	0,27	0,25	0,12
C d	0,005	1,14	1,25	0,04	0,005	0,26	0,003	0,002	0,31	0,22	0,12

25 kde:

Významy symbolů C a I jsou vysvětleny u Tabulky 1.

30 Tabulka 7

Číslo vzorku	Ar <sub>1</sub>	Konečná teplota válcování za tepla	Teplota svinování	Magnetické vlastnosti*		(200) Texturní koeficient	Druh oceli
	(°C)	(°C)	(°C)	B <sub>50</sub> (T)	μ <sub>1,5</sub>		
11	882	850	700	1,77	4320	1,52	Ia
C 1	881	850	700	1,73	2880	0,85	Ca
C 2	867	850	700	1,73	2750	0,56	Cb
C 3	940	860	700	1,72	2630	0,92	Cc
C 4	872	850	700	+ ,72	2800	0,84	Cd

40

kde:

Významy symbolů C a I jsou vysvětleny u Tabulky 1;

Podmínky žihání za tepla válcovaného plechu: 800 °C, 3 minuty;

5 Podmínky mezižihání: 800 °C, 2 minuty;

Úběr: 8 %;

$A_{r1}$ : Teplota přechodu do feritické fáze;

\*  $B_{50}$  (Tesla): Indukovaná hustota magnetického toku při magnetizování na 5000 A/m; a

$\mu_{1,5}$ : Permeabilita při magnetizování při 50 Hz, aby se dosáhlo 1,5 Tesla.

10

Jak je ukázáno ve výše uvedené Tabulce 7, je zřejmé, že výrobek podle tohoto vynálezu má špičkové magnetické vlastnosti ve srovnání s výrobkem srovnávacím (C1-C4), který byl připraven ze srovnávací oceli (C a) bez obsahu Cu, srovnávací oceli (C b) s obsahem 0,8 % Mn, srovnávací oceli (C c) s obsahem 1,1 % Si, 0,55 % Mn a 0,002 % O a srovnávací oceli (C d) s obsahem 1,25 % Mn.

15

#### Příklad 5

20

Deska o chemickém složení, uvedeném v Tabulce 8 byla zahřívána na teplotu 1200 °C, byla válcována za tepla, jak je uvedeno v Tabulce 9, byla svinuta, mořena, válcována za studena a bylo provedeno žihání plechá válcovaného za studena. Atmosféra při tomto žihání byla 20 %  $H_2$  a 80 %  $N_2$ . Potom, co za studena válcovaný plech byl žihán při teplotě 790 °C v atmosféře 100 %  $N_2$  po 2 hodiny, aby bylo odstraněno napětí, byly změřeny magnetické vlastnosti a zjištěné výsledky jsou v následující Tabulce 9. Magnetické vlastnosti, uvedené v této tabulce, byly měřeny za podmínek uvedených v Tabulce 7 Příkladu 4.

25

#### Tabulka 8

30

Druh oceli	(jednotky: hmotnostní %)										
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	O	Ni	Cu	Sn
C a	0,005	1,1	0,80	0,08	0,005	0,30	0,003	0,006	0,30	0,25	0,11
I a								5			
	0,005	0,50	0,49	0,08	0,006	0,30	0,003	0,004	0,25	0,26	0,12
	0,005	0,80	0,32	0,12	0,003	0,30	0,003	0,002	0,26	0,27	-
	0,005	0,60	0,39	0,11	0,006	0,35	0,003	0,003	0,32	0,20	-2

Tabulka 9

Číslo vzorku	Ar <sub>1</sub>	Konečná teplota válcování za tepla (°C)	Teplota svinování	Podmínky žihání plechů válcován. za tepla (°C) 3 minuty	Magnetické vlastnosti		Druh oceli
					B <sub>50</sub> (T)	μ <sub>1,5</sub>	
C1	880	850	700	850	1,75	2990	Ca
11	913	850	700	850	1,77	4250	1a
10 12	892	850	700	800	1,78	3980	1b
13	892	750	700	800	1,77	3860	1c
14	892	800	650	800	1,78	4520	1c
15	892	880	700	800	1,78	4250	1c
C2	892	950	700	800	1,72	2480	1c

15

kde:

Významy symbolů C a I jsou vysvětleny u Tabulky 1.

20

Jak ukazuje Tabulka 9, je zřejmé, že výrobek podle tohoto vynálezu a odpovídají výrobním podmínkám podle tohoto vynálezu, má špičkové charakteristiky ve srovnání s jiným srovnávacím výrobkem (C1) a srovnávacím výrobkem (C2), které mají stejné chemické složení, ale jejich výrobní podmínky nespádají do rozsahu podmínek specifikovaných tímto vynálezem.

25

## Příklad 6

30

Deska z oceli podle tohoto vynálezu (1 c), popsaná v Tabulce 8 výše uvedeného příkladu 5, byla zahřívána na teplotu 1200 °C, za tepla válcována, jak uvádí následující Tabulka 10, byla svinuta, mořena, válcována za studena, přičemž žihání za studena válcovaného plechu bylo provedeno v atmosféře vodíku a dusíku. Za studena válcovaný plech byl žihán a rozřezán a potom žihán po dobu 2 hodin v atmosféře 20 % H<sub>2</sub>, 80 % N<sub>2</sub> při teplotě 790 °C. Potom byly změřeny magnetické vlastnosti a ty jsou uvedeny v Tabulce 10. Byly měřeny za podmínek identických s podmínkami uvedenými v Tabulce 7 Příkladu 4.

35

Tabulka 10

Číslo vzorku	Podmínky žihání plechu válcovaného za tepla Teplota x doba	Magnetické vlastnosti		Textilní parametr	Velikost zrna (μm)
		B <sub>50</sub>	μ <sub>1,5</sub>		
11	750 x 300	1,78	3980	0,56	89
12	900 x 60	1,78	4250	0,52	80
45 13	850 x 5	1,78	4300	0,40	76
14	1000 x 3	1,77	4200	0,45	75

U všech vzorků v Tabulce 10 je konečná teplota válcování za studena 850 °C, teplota svinování 700 °C, žihání plechu válcovaného za studena se provádí po dobu 3 minut při 900 °C.

- 5 Jak je ukázáno ve výše uvedené Tabulce 10, je zřejmé, že výrobek podle vynálezu (I17-I10) připravený z oceli podle vynálezu (I C), který má rozsah chemického složení, odpovídající tomuto vynálezu a pevnou konečnou teplotu válcování, teplotu svinování i podmínky žihání plechu válcovaného za studena, má špičkové magnetické vlastnosti, když podmínky žihání plechu válcovaného za tepla se mění v rozsahu podmínek podle tohoto vynálezu.

10

#### Příklad 7

- 15 Ocelová deska o chemickém složení, uvedené v procentech hmotnostních, C 0,003 %, Si 0,52 %, Mn 0,45 %, P 0,06 %, S 0,004 %, Al 0,30 %, N 0,002 %, O 0,003 %, Ni 0,35 %, Cu, 0,21 %, Sn 0,11 % a zbytek Fe, byla znovu ohřata a zpracována semi-postupem, jak je ukázáno v následující Tabulce 11. Mezižihání za studena válcovaných plechů bylo provedeno ve směsné atmosféře dusíku a vodíku výrobcem elektrických zařízení. Bylo provedeno povrchové válcování za studena a tepelné zpracování při teplotě 790 °C v dusíkové atmosféře. U každého vzorku bylo  
20 provedeno měření magnetických vlastností a jeho výsledky jsou uvedeny v Tabulce 11. Magnetické vlastnosti uvedené v Tabulce 11 byly měřeny za stejných podmínek, jaké jsou uvedeny v Tabulce 7 výše uvedeného Příkladu 4.

25 Tabulka 11

Číslo vzorku	Konečná teplota válcování za tepla	Teplota svinování	Podmínky žihání plechů válcovaných za tepla		Podmínky žihání plechů válcovaných za studena		Úběr Magnetické vlastnosti	
			Teplota x doba	Teplota x doba	Teplota x doba	Teplota x doba	B <sub>50</sub>	μ <sub>1,5</sub>
	(°C)	(°C)	(°C)	(min)	(°C)	(min)	%	(T)
11	800	700	650 x 300		800 x 2		6	1,77 4250
12	800	700	650 x 300		800 x 2		10	1,78 3980
13	880	700	900 x 30		800 x 2		8	1,77 3860
14	860	650	800 x 60		900 x 2		8	1,78 4520
15	860	650	900 x 2		800 x 2		8	1,78 4250
C1	920	650	800 x 60		800 x 2		8	1,73 2480

Významy symbolů C a I jsou vysvětleny u Tabulky 1.

- 30 U všech vzorků v Tabulce 11 a Ar<sub>1</sub> rovna 880 °C.

- Jak ukazuje tato Tabulka, výrobek podle tohoto vynálezu (I1 až I5), připravený semi-postupem v souladu s podmínkami tohoto vynálezu, má špičkové magnetické vlastnosti, ve srovnání s výrobkem srovnávacím C1, jehož konečné válcování za tepla bylo provedeno v austenitické fázi.  
35

## Příklad 8

Ocelová deska o chemickém složení v procentech hmotnostních C 0,005 %, Si 0,85 %, Mn 0,25 %, P 0,06 %, S 0,005 %, Al 0,35 %, N 0,002 %, Ni 0,25 %, Cu 0,17 %, Sn 0,21 % a zbytek Fe, byla znovu ohřata na teplotu 1230 °C. Válcovaný plech byl připraven za podmínek konečného válcování a svinování, jak ukazuje následující Tabulka 12. V této oceli teplota Ar<sub>1</sub> (maximální teplota feritické fáze) byla 910 °C a tloušťka plechu za tepla válcovaného byla 2,00 mm. Tento za tepla válcovaný plech byl svinut na vzduchu a mořen v roztoku HCl. Měření Ar<sub>1</sub> bylo provedeno elektricky zjišťováním elektrického odporu. V případě použití souběžného tepelného krytu při svinování a chlazení teplé válcované cívky byla rychlost ochlazování 5 až 10 °C za hodinu při okolní teplotě 25 °C. Pak, když vychladl, byl za tepla vyválcovaný plech válcován za studena na tloušťku 0,5 mm.

Mazadla, použitá při válcování, byla odstraněna v alkalickém roztoku a bylo provedeno žhání při teplotě, uvedené v následující Tabulce 12.

Vysokoteplotní žhání bylo realizováno ve 2 minutách a atmosférou byla suchá směs 30 % vodíku a 70 % dusíku. Zbytkový C po vysokoteplotním žhání byl 0,003 %. Po izolačním povlečení kombinovaným organickým a anorganickým potahem byly tyto vysokoteplotně vyžháné plechy nařezány a bylo provedeno žhání pro uvolnění napětí při teplotě 800 °C, které trvalo 2 hodiny. Potom byly změřeny magnetické vlastnosti a velikost zrna. Výsledky jsou uvedeny v následující Tabulce 12. Velikost zrna byla měřena čárovou segmentovou metodou.

Tabulka 12

Číslo vzorku	Podmínky finálního válcování		Svinování plechů válcovaných za tepla		Teplota vysoko teplotního žhání (°C)	Magnetické vlastnosti (50 Hz)*			Velikost zrna (μm)
	Teplota (°C)	Úběr (%)	Teplot (°C)	Souběžný tepelný kryt		W <sub>15/50</sub>	B <sub>50</sub>	μ <sub>1,5</sub>	
11	850	7	650	bez krytu	1000	3,2	1,77	4200 <sup>79</sup>	85
12	850	7	650	kryt	1000	3,0	1,78	4530	95
13	880	15	800	bez krytu	950	3,1	1,78	4450	89
14	890	15	800	kryt	950	3,9	1,79	4800	98
C1	780	5	550	kryt	950	3,5	1,75	3890	72
C2	950	15	550	bez krytu	950	3,4	1,74	2650	64

kde:

Významy symbolů C a I jsou vysvětleny u Tabulky 1;

\* W<sub>15/50</sub> (W/kg): Ztráty v jádře nebo ztráty v železe při magnetizaci při 60 Hz na 1,5 Tesla;

B<sub>50</sub> (Tesla): Indukovaná hustota magnetického toku při magnetizování na 500 A/m; a

μ<sub>1,5</sub>: Permeabilita při magnetizování při 50 Hz, aby se dosáhlo 1,5 Tesla.

Jak ukazuje Tabulka 12, je zřejmé, že výrobek (I1 až I4) podle předkládaného vynálezu má zrno o velikosti 85 až 98 μm a špičkové magnetické vlastnosti, přičemž srovnávací výrobek (C1), který, ač byl válcován za tepla ve feritické fázi, měl konečnou teplotu válcování a teplotu

svinování nízkou, což zhoršilo magnetické vlastnosti. Přitom srovnávací vzorek (C2) byl sice válcován s malým finálním úběrem, aby byl válcován za tepla při teplotě vyšší než  $A_{r1}$  (přechodový bod 100 % feritické fáze) a tedy zrno vyrostlo málo a magnetické vlastnosti se zhoršily.

5

## Příklad 9

Ocelová deska, o chemickém složení v procentech hmotnostních C 0,003 %, Si 1,1 %, Mn 0,20 %, P 0,06 %, S 0,03 %, Al 0,35 %, N 0,002 %, Sn 0,11 %, Sb 0,05 %, Ni 0,09 %, Cu 0,21 % a zbytek Fe, byla znovu ohřata na teplotu 1150 °C a zpracována úplným postupem, jak ukazuje Tabulka 13.

U této oceli, kdy teplota  $A_{r1}$  (mezní teplota feritické fáze) je 940 °C, bylo provedeno válcování za tepla s úběrem 30 % na tloušťku 2,3 mm po válcování za tepla. Za tepla válcovaný plech, jehož konečné válcování bylo provedeno při teplotě, uvedené v Tabulce 13, byl svinut a ochlazen a byl mořen v kyselém roztoku. Výrobky (I5) a (I6) podle tohoto vynálezu, jak jsou uvedeny v Tabulce 13, byly svinuty a chlazeny s použitím souběžného tepelného krytu v dusíkové atmosféře. Rychlost chlazení byla 10 až 15 °C za hodinu a srovnávací vzorek byl svinut a chlazen na vzduchu.

20

Co se týká mořeného, za tepla válcovaného plechu, byl válcován za studena v prvním stupni na 1 mm, mezižihání bylo provedeno při 900 °C ve smíšené atmosféře vodíku a dusíku po dobu 2 minut. Plech byl po mezižihání podroben druhému stupni válcování za studena na 0,47 mm a vysokoteplotnímu žihání za podmínek, uvedených v následující Tabulce 13. Vysokoteplotní žihání se provádělo v suché atmosféře 40 % vodíku a 60 % dusíku.

25

Plech byl po vysokoteplotním žihání a po izolačním potažení rozřezán a žihání na uvolnění napětí bylo provedeno při 820 °C v suchém 100% dusíku po dobu 90 minut. Potom byly změřeny magnetické vlastnosti a velikost zrna a výsledky tohoto měření jsou uvedeny v následující Tabulce 13.

30

Tabulka 13

35

Číslo vzorku	Konečná teplota válcování (°C)	Podmínky svinování plechu válcovaného za tepla		Doba žihání za studena válcovaného plechu při teplotě 1000°C (Sekunda)	Magnetické vlastnosti (50 Hz)			Velikost zrna (μm)	Texturní parametr	
		Souběžný kryt	Teplota (°C)		$W_{15/50}$	$B_{50}$	$\mu_{1,5}$			
15	850	kryt	700	60	2,89	1,77	4250	99	0,41	
16	850	kryt	750	180	2,75	1,77	4030	101	0,55	
45	C3	880	bez krytu	550	5	3,20	1,76	3920	85	0,36

45

Z Tabulky 13 je zřejmé, že výrobky (I5) a (I6) podle tohoto vynálezu mají zrno dostatečně narostlé a vykazují špičkové magnetické vlastnosti, zatímco srovnávací výrobek C3 má zrno, které nenarostlo dostatečně v důsledku nízké svinovací teploty a krátké doby vysokoteplotního žihání, což zhoršilo magnetické vlastnosti.

50

## Příklad 10

Ocelová deska o chemickém složení, uvedeném v následující Tabulce 14, byla vyrobena z oceli, ke které byl přidán (pokud byla ve výrobním procesu v roztaveném stavu Ca nebo REM. Do srovnávací oceli nebyl přidán Ca ani REM. Ocel podle tohoto vynálezu, označená v Tabulce 14 jako I b, obsahuje jako REM neodym Nd a ocel Id obsahuje jako REM cín Ce.

Ocelová deska o chemickém složení, shora uvedeném, byla zahřáta na teplotu 1210 °C, byla válcována za tepla (s konečnou teplotou válcování 870 °C) na tloušťku 2 mm, byla svinuta při teplotě 720 °C. Žihání za tepla válcovaného plechu bylo provedeno při teplotě 900 °C a trvalo 5 minut. Dále byl plech mořen, válcován za studena na tloušťku 0,47 mm. Pak byl tento plech po studeném válcování vysokoteplotně žihán ve směsné atmosféře 20 % vodíku a 80 % dusíku za podmínek, uvedených v následující Tabulce 15. Avšak v případě výrobku podle tohoto vynálezu (I4, v následující Tabulce 15), nebylo provedeno žihání plechu za tepla válcovaného. Plech, u kterého bylo provedeno vysokoteplotní žihání, byl rozřezán, byl podroben žihání na uvolnění napětí při teplotě 800 °C po dobu 1,5 hodiny. Pak byly změřeny magnetické vlastnosti a výskyt roviny (111), která je nevýhodná, vzhledem k magnetickým vlastnostem, byl sledován v textuře. Výsledky jsou uvedeny v Tabulce 15. Měření magnetických vlastností, které jsou uvedeny v Tabulce 15, bylo provedeno na zkoušečce jednoho plechu.

Tabulka 14

(jednotky: hmotnostní %)													
Složení	C	Si	Mn	P	S	N	Al	Sn	Sb	Ni	Cu	Ca	REM
Ocel													
Ca	0,006	2,50	0,25	0,03	0,005	0,004	0,31	-	0,05	0,21	0,15	-	-
Ia	0,005	2,52	0,26	0,03	0,006	0,004	0,30	-	0,06	0,25	0,16	0,009	-
Ib	0,006	2,49	0,24	0,03	0,005	0,005	0,29	0,12	0,04	0,20	0,09	-	0,005
Ic	0,006	2,50	0,25	0,02	0,006	0,004	0,30	0,17	0,05	0,31	0,14	0,01	-
Id	0,006	2,45	0,20	0,04	0,006	0,003	0,31	0,20	-	0,30	0,15	-	0,001

Tabulka 15

Číslo vzorku	Podmínky vysokoteplotního žihání plechů válcovaných za studena		Magnetické vlastnosti*			(111) Texturní koeficient	Druh oceli
	Teplota (°C)	Doba (minuty)	W <sub>15/50</sub>	B <sub>50</sub>	μ <sub>1,5</sub>		
C1	1010	3	2,60	1,72	3250	5,2	Ca
I1	1010	3	2,52	1,74	3750	4,1	Ia
I2	1010	3	2,49	1,75	3760	3,8	Ib
I3	1030	3	2,35	1,75	3900	3,5	Ic
I4	1000	3	2,55	1,74	3700	4,5	Id
I5	1030	3	2,46	1,75	3850	3,9	Id

kde:

Významy symbolů C a I jsou vysvětleny u Tabulky 1;

- 5 \*  $W_{15/50}$  (W/kg): Ztráty v jádře nebo ztráty v železe při magnetizaci při 60 Hz na 1,5 Tesla; a  
 $B_{50}$  (Tesla): Indukovaná hustota magnetického toku při magnetizování na 5000 A/m.

10 Z údajů v Tabulce 15 je zřejmé, že v případě výrobku podle tohoto vynálezu (I1 až I5) je texturní koeficient roviny (111), která zhoršuje magnetické vlastnosti, malý, čímž se stávají magnetické vlastnosti špičkové, srovnání ve srovnávacím výrobku C1.

#### Příklad 11

15 Ocelová deska o chemickém složení v procentech hmotnostních C 0,003 %, Si 2,2 %, Mn 0,35 %, P 0,04 %, S 0,002 %, Al 0,3 %, N 0,002 %, Sn 0,15 %, Ni 0,25 %, Cu 0,13 %, Ca 0,009 %, zbytek Fe byla znovu zahřata na 1140 °C, byla válcována za tepla při konečné teplotě válcování 850 °C na tloušťku 2 mm a byla svinuta při 720 °C.

20 Tento svinutý, za tepla válcovaný plech, byl žhán v krabici při teplotě 900 °C po dobu 2 hodin. Plech byl mořen, bylo provedeno první válcování za studena na tloušťku 1,0 mm, mezižhání při teplotě 900 °C po 3 minuty a druhé válcování za studena na tloušťku 0,50 mm. Konečný plech byl tedy připraven dvojitým válcováním za studena.

25 Za studena válcovaný plech byl podroben vysokoteplotnímu žhání při teplotě 1000 °C v atmosféře 30 % vodíku a 70 % dusíku po dobu 3 minut, byl rozřezán a byly měřeny magnetické vlastnosti plechu po žhání na uvolnění napětí, které bylo prováděno při teplotě 790 °C. Zjištěné výsledky jsou uvedeny v Tabulce 16. Toto měření ukázalo, že zmo dosáhlo velikosti 105  $\mu\text{m}$  a texturní parametr podle Horta byl 0,57.

30

Tabulka 16

$W_{15/50}$ (W/kg)	$B_{50}$ (Tesla)	$\mu_{1,5}$	Texturní koeficient (111)
2,30	1,76	3920	3,7

40 Z Tabulky 16 je zřejmé, že neorientované elektrické ocelové plechy, vyráběné podle tohoto vynálezu, mají nízké ztráty v železe a vysokou hustotu magnetického toku a permeabilitu.

#### Příklad 12

45 Ocelová deska o chemickém složení, uvedeném v Tabulce 17, vyrobená výrobním postupem pro ocel, byla zahřata na teplotu 1200 °C. Válcování za tepla bylo provedeno s konečnou teplotou 850 °C na tloušťku 2,0 mm. Plech byl potom svinut při teplotě 600 °C. Tento za tepla válcovaný plech byl mořen za podmínek uvedených v následující Tabulce 18 s a nebo bez žhání a potom bylo provedeno válcování za studena na tloušťku 0,5 mm. Tam, kde bylo provedeno krabicové  
 50 žhání plechů válcovaných za tepla, byla povrchová oxidace inhibována 100% dusíkovou atmosférou. Kontinuální žhání bylo prováděno na vzduchu.



U plechů, které byly válcovány za studena, jak je uvedeno výše, bylo provedeno oduhličovací žihání ve směsné atmosféře 30 % vodíku a 70 % dusíku s rosným bodem 40 °C po dobu 3 minut, jak je uvedeno v následující Tabulce 18.

- 5 Vysokoteplotní žihání bylo prováděno v atmosféře 20 % vodíku a 80 % dusíku po 3 minuty. Po rozřezání tohoto vysokoteplotně žihaného plechu byla měřena permeabilita a výsledky jsou uvedeny v Tabulce 18.

10 Tabulka 17

Ocel	C	Si	Mn	P	S	Al	N	O	Sn	Sb	Ni	Cu
C a	0,012	2,1	0,41	0,09	0,005	0,25	0,004	0,003	0,09	-	0,20	0,11
C b	0,009	2,0	0,42	0,015	0,006	0,26	0,004	0,003	-	0,05	0,20	-
I a	0,025	2,0	0,40	0,020	0,005	0,30	0,003	0,003	0,03	-	0,15	0,08
I b	0,30	0,4	0,08	0,006	0,01	0,003	0,004	0,05	0,05	0,05	0,25	0,05
I c	0,035	1,8	0,20	0,04	0,003	0,25	0,003	0,003	-	0,12	0,25	0,12

kde:

- 15 Významy symbolů C a I jsou vysvětleny u Tabulky 1.

Tabulka 18

Vzorek	Podmínky žihání válcovaného plechu za tepla			Teplota oduhličovacího žihání (°C)	Teplota vysokoteplotního žihání (°C)	Permeabilita $\mu_{1,5}^*$	Ocel
	Metoda	Teplota (°C)	Doba (minuta)				
C1	ne	ne	0	830	1000	2900	
C2	kont.	1000	3	830	1020	3200	Ca
C3	krabice	800	180	830	1020	3500	
C4	kont.	1000	3	ne	1020	2500	
C5	kont.	1000	3	830	1020	3300	Cb
C6	kont.	1000	3	ne	1020	2600	Ia
C7	kont.	1000	3	700	1020	3100	
I1	ne	ne	0	870	1020	3800	Ia
I2	kont.	1050	3	830	1020	4200	
I3	krabice	800	180	830	1020	4400	
I4	ne	ne	0	800	950	4200	Ib
I5	kont.	1000	3	760	950	4500	

Tabulka 18 - pokračování

Vzorek	Podmínky žíhání válcovaného plechu za tepla			Teplota oduhličovacího žíhání (°C)	Teplota vysokoteplotního žíhání (°C)	Permeabilita $\mu_{1,5}$ *	Ocel
	Metoda	Teplota (°C)	Doba (minuta)				
I6	kont.	800	5	859	950	4600	
I7	krabice	750	300	800	950	5020	
I8	ne	ne	0	850	1000	3900	Ic
I9	kont.	1000	3	850	1000	4300	

kde:

5

\*  $\mu_{1,5}$ : permeabilita při magnetizování při 50 Hz, aby se dosáhlo 1,5 Tesla.

10 Z výše uvedené Tabulky 18 je zřejmé, že výrobky podle tohoto vynálezu (I1 až I9), které byly připraveny z oceli podle tohoto vynálezu (Ia, Ib, Ic) a které mají složení v souladu s rozsahy, uvedenými v tomto vynálezu (při dodržení výrobních podmínek, které jsou v souladu s tímto vynálezem), mají vyšší permeabilitu než srovnávací výrobky C1 až C8, které se odchylojí od rozsahu složení a/nebo od podmínek výroby.

15 U výrobků I1 až I3 z Tabulky 18 byla zkoumána textura, přičemž pozorování ukázala, že texturní koeficient roviny (110 a 200) byl v rozsahu 1,2 až 1,7, avšak sledování textury výrobků srovnávací C6 a C7 ukázala, že index u této textury byl v rozsahu 0,6 až 1,0. Přitom index textury je reprezentován Hortovým texturním koeficientem. Oduhličovací žíhání vedlo k tomu, že zbytkový uhlík byl v rozsahu 0,001 až 0,003 % v případě výrobků I1 až I9, připravených podle tohoto vynálezu.

20

#### Příklad 13

25 Ocel o chemickém složení uvedeném v následující Tabulce 19, byla znovu ohřata na teplotu 1230 °C. Konečné válcování za tepla bylo provedeno při teplotě 850 °C a plech byl svinut při teplotě 750 °C.

Potom co byl za tepla válcovaný plech zpracován a svinut podle podmínek uvedených v Tabulce 20, byla měřena permeabilita a zjištěné charakteristické výsledky jsou uvedeny v Tabulce 20.

30

Srovnávací výrobky C1 a C2 a výrobky podle tohoto vynálezu (I1 až I3), popsané v Tabulce 20, byly připraveny úplným postupem. V případě výrobků I1 až I3 podle tohoto vynálezu bylo při odpovídající teplotě provedeno oduhličovací žíhání za studena válcovaných plechů v atmosféře 20 % vodíku a 80 % dusíku o rosném bodu 45 °C, které probíhalo 4 minuty.

35

Vysokoteplotní žíhání při odpovídající teplotě bylo provedeno v atmosféře 30 % vodíku a 70 % dusíku ve 3 minutách. V případě srovnávacího výrobku C1 a C2 bylo prováděno oduhličovací žíhání v atmosféře s 50 % vodíku a 50 % dusíku a s rosným bodem 80 °C.

40

V případě srovnávacího výrobku C2 byl obsah zbytkového C 0,006 % a v případě výrobku I2 podle tohoto vynálezu byl zbytkový uhlík 0,0023 %.

- Srovnávací výrobek C3 a C4 a výrobek I4 až I6 podle tohoto vynálezu byly připraveny semi-postupem. V případě srovnávacího výrobku C3 a výrobku I4 a I5 bylo prováděno oduhličovací žihání při odpovídající teplotě ve směsné atmosféře 70 % dusíku a 30 % dusíku s rosným bodem 40 °C po dobu dvou hodin při žihání na uvolnění napětí po mezižihání. Bylo použito chlazení v peci. V případě srovnávacího výrobku C4 bylo oduhličovací žihání provedeno ve směsné atmosféře 40 % dusíku a 60 % vodíku s rosným bodem 10 °C po dobu 2 hodin. V případě výrobku podle tohoto vynálezu I6 bylo oduhličovací žihání prováděno v atmosféře 20 % dusíku a 80 % vodíku s rosným bodem 44 °C při mezižihání.
- Bylo ukázáno, že oduhličovací žihání může být prováděno při mezižihání i při žihání k uvolnění napětí.

Tabulka 19

15

(jednotky: hmotnostní %)

Složení	C	Si	Mn	P	S	Al	N	O	Sn	Ni	Cu
ocel											
Id	0,035	2,51	0,25	0,03	0,003	0,25	0,004	0,003	0,12	0,30	0,09
Ie	0,036	0,50	0,35	0,06	0,006	0,31	0,003	0,003	0,10	0,25	0,12

Tabulka 20

20

Vzorek	Žihání plechu válcovaného za tepla		Tloušťka po prvním válcování za studena (mm)	Mezižihání (°C)	Tloušťka po druhém válcování za studena (mm)	Žihání plechu válcovaného za studena(°C)		Žihání pro uvolnění napětí (°C)	Permeabilita $\mu_{1,5}$
	Teplota (°C)	Doba (minuta)				oduhličení	vys. tepl.		
C1	1000	5	1,0	900	0,5	700	1000	-	2800
C2	1000	5	1,0	900	0,5	830	1000	-	3050
I1	1000	5	1,0	900	0,5	830	1000	-	4200
I2	1000	5	1,0	900	0,5	800	1000	-	4300
I3	1000	5	1,0	900	0,5	860	1000	-	4500
C3	900	3	0,5	800	0,47	-	-	730	3100
C4	1000	3	0,5	800	0,47	-	-	800	2904
I4	900	3	0,5	800	0,47	-	-	800	4300
I5	1000	3	0,5	800	0,47	-	-	830	4900
I6	950	3	0,5	800	0,47	-	-	830	4700

- Z Tabulky 20 je zřejmé, že výrobky podle tohoto vynálezu (I1 až I6), které odpovídají svým složením rozsahu složení i výrobním podmínkám, specifikovaným v tomto vynálezu, mají zcela špičkovou permeabilitu podle srovnávacích výrobků C1 až C6, které odpovídají uvedeným podmínkám svým složením, ale byly připraveny za podmínek, které se odchyľují od specifikovaných výrobních podmínek tohoto vynálezu.

Dále v případě srovnávacích vzorků C3 a C4, připravených semi-postupem, bylo dosaženo odpovídající zrna 80  $\mu\text{m}$  a 75  $\mu\text{m}$  a odpovídající texturní parametr 0,40 a 0,25, zatímco v případě výrobku bylo podle tohoto vynálezu (I4) bylo zrna 120  $\mu\text{m}$  a texturní parametr byl 0,68.

- 5 V případě výrobku podle tohoto vynálezu (I1), vyrobeného úplným postupem, bylo zrna 75  $\mu\text{m}$  a texturní parametr byl 0,5.

#### Průmyslová využitelnost

10

Jak je uvedeno výše, předložený vynález zvyšuje účinnost elektrického výrobku a úsporu energie tím, že poskytuje neorientované elektrické plechy, které mají malou ztrátu v železa a vysokou hustotu magnetického toku a permeabilitu.

15

### PATENTOVÉ NÁROKY

20

1. Neorientované elektrické ocelové plechy o základním chemickém složení oceli s obsahem legujících prvků Sn, Sb, Ni, Cu, Mn, Al a Si, **vyznačující se tím**, že vykazují složení uvedené v procentech hmotnostních: uhlík C méně než 0,02 %, křemík Si méně než 3,5 %, mangan Mn méně než 0,5 %, fosfor P méně než 0,15 %, síra S méně než 0,015 %, hliník Al méně než 0,7 %, kyslík O méně než 0,005 %, dusík N méně než 0,008 %, nikl Ni 0,02 až 1 %, měď Cu 0,02 až 0,4 %, alespoň jeden člen, vybraný ze skupiny skládající se z cínu Sn a antimonu Sb, 0,02 až 0,2 %, přičemž zbytek je železo Fe a další doprovodné nečistoty.

25

2. Neorientované elektrické ocelové plechy podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že zrna má velikost 25 až 200  $\mu\text{m}$  a texturní parametr, počítaný na základě vzorce podle Horta, je větší než 0,2.

30

3. Způsob výroby neorientovaných elektrických ocelových plechů semi-postupem, **vyznačující se tím**, že ocelová deska o chemickém složení, uvedeném v procentech hmotnostních: uhlík C méně než 0,02 %, křemík Si méně než 3,5 %, mangan Mn méně než 0,5 %, fosfor P méně než 0,15 %, síra S méně než 0,015 %, dusík N méně než 0,008 %, kyslík O méně než 0,005 %, hliník Al méně než 0,7 %, nikl Ni 0,05 až 1,0 %, měď Cu 0,02 až 0,4 %, alespoň jeden člen, vybraný ze skupiny, skládající se z cínu Sn a antimonu Sb 0,02 až 0,2 %, přičemž zbytek je železo Fe a další doprovodné nečistoty, se válcuje za tepla, plech válcovaný za tepla se žihá, moří se, válcuje se za studena a plech válcovaný za studena se žihá.

35

40

4. Způsob výroby neorientovaných elektrických ocelových plechů podle nároku 3, **vyznačující se tím**, že finální válcování za tepla se dokončí v teplotním rozsahu 750 °C až Ar1 ve feritické fázi.

45

5. Způsob výroby neorientovaných elektrických ocelových plechů podle nároků 3 nebo 4, **vyznačující se tím**, že žihání plechu, válcovaného za tepla, se provádí kontinuálním postupem v teplotním rozsahu 700 až 1000 °C po dobu 10 sekund až 20 minut.

50

6. Způsob výroby neorientovaných elektrických ocelových plechů podle nároků 1 a 2, **vyznačující se tím**, že ocelová deska o chemickém složení, uvedeném v procentech hmotnostních: uhlík C méně než 0,02 %, křemík Si méně než 3,5 %, mangan Mn méně než 0,5 %, fosfor P méně než 0,15 %, síra S méně než 0,015 %, hliník Al méně než 0,7 %, kyslík O

méně než 0,005 %, dusík N méně než 0,008 %, nikl Ni 0,02 až 1,0 %, měď Cu 0,02 až 0,4 %, alespoň jeden člen, vybraný ze skupiny skládající se z cínu Sn a antimonu Sb, 0,02 až 0,2 % přičemž zbytek je železo Fe a další doprovodné nečistoty, se zahřeje, válcuje za tepla, přičemž se  
5 finální zpracování provádí při teplotě vyšší než 800 °C ve feritické fázi, s úběrem větším než 7 %, plech válcovaný za tepla se svine při teplotě vyšší než 600 °C, ochladí se na vzduchu, moří se, válcuje se jednostupňově nebo dvoustupňově za studena, načež se provede vysokoteplotní žihání v rozsahu teplot 700 °C až 1100 °C po dobu 10 sekund až 10 minut.

10

---

Konec dokumentu

---