PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

291 528

(19) ČESKÁ REPUBLIKA



ÚŘAD PRŮMYSLOVÉHO VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **1998 - 1658**

(22) Přihlášeno: **28.05.1998**

(30) Právo přednosti:
29.05.1997 FR 1997/9706576

(40) Zveřejněno: **11.08.1999**
(Věstník č. 8/1999)

(47) Uděleno: **23.01.2003**

(24) Oznámeno udělení ve Věstníku: **12.03.2003**
(Věstník č. 3/2003)

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.[7]:
C 21 D 9/52
B 22 D 11/124

(73) Majitel patentu:
USINOR, Puteaux, FR;

(72) Původce vynálezu:
Paradis Philippe, Gresy sur Isere, FR;
Martin Philippe, Aire sur la Lys, FR;

(74) Zástupce:
Švorčík Otakar JUDr., Hálkova 2, Praha 2, 12000;

(54) Název vynálezu:

Způsob výroby tenkého pásu z feritické nekorodující oceli a tenký pás takto získaný

(57) Anotace:

Při způsobu výroby feritického korozivzdorného ocelového pásu se pás z feritické korozivzdorné oceli, obsahující maximálně 0,012 % hmotn. uhlíku, maximálně 1 % hmotn. manganu, maximálně 1 % hmotn. křemíku, maximálně 0,040 % hmotn. fosforu, maximálně 0,030 % hmotn. síry a mezi 16 až 18 % hmotn. chrómu, ochlazuje přímo z tekutého kovu mezi dvěma vnitřně chlazenými proti sobě se otáčejícími válci s horizontálními osami umístěnými u sebe, načež se dále ochlazuje nebo odvádí k zchladnutí pro odstranění zbytkového austenitu na ferit a transformaci karbidů, navíjí se při teplotě mezi 600 °C a teplotou martenzitické transformace Ms, ochlazuje se s maximální rychlostí 300 °C/h na teplotu mezi 200 °C a teplotu okolí a poté se žíhá.

CZ 291528 B6

Způsob výroby tenkého pásu z feritické nekorodující oceli a tenký pás takto získaný

Oblast techniky

Vynález se týká metalurgie nekorodujících ocelí. Zejména se vynález týká odlévání feritických nekorodujících ocelí do podoby pásu několik mm tenkého, přímo z tekutého kovu.

Dosavadní stav techniky

Po dobu několika let byl prováděn výzkum odlévání kovových pásů tenkých několik mm (méně než 10 mm), přímo z tekutého kovu na tak zvaných „dvouválcových zařízeních pro kontinuální odlévání". Tato zařízení v podstatě obsahují dva válce s osami v horizontálním směru, umístěné vedle sebe, z nichž každý má vnější povrch, který je dobře tepelně vodivý a intenzivně vnitřně ochlazený. Mezi válci je vytvořen licí prostor, jehož minimální šířka odpovídá tloušťce pásu, který má být odlit. Tento licí prostor je následně uzavírán dvěma žárovzdornými válci působícími proti koncům válců. Válce jsou poháněny proti sobě a licí prostor je zaplňován tekutou ocelí. Ocelové okuje tuhnou na povrchu válců a uzavírají styčnou linku mezi válci, tj. v místě, kde je vzdálenost mezi válci minimální a dále vytváří tuhý pás, který plynule vystupuje ze zařízení. Tento pás je poté ochlazován pozvolna nebo prudce chlazen a poté je svinován. Podstatou tohoto výzkumu je možnost využití tohoto postupu při výrobě pásu z ocelí různých tříd, zejména nekorodujících ocelí.

U většiny běžných podmínek za kterých pás opouští válce je pás ochlazován pozvolna na otevřeném vzduchu, pás je obvykle svinován při teplotě okolo 700 do 900 °C, v závislosti na jeho tloušťce a stupni tekutosti. Svinovací teplota je samozřejmě rovněž závislá na vzdálenosti mezi válci a svinovacím strojem. Svinutý pás je postupně ochlazen než je podroben metalurgickému zpracování srovnatelnému s tím, který je obvykle využíván při výrobě pásů za tepla z běžných kontinuálně litých desek.

Využití tohoto licího postupu u feritických nekorodujících ocelí typu podle AISI standardu, které obvykle obsahují 17 % hmotn. chrómu ukázaly, že takto získaný pás má nízkou tažnost. V důsledku toho je nejužší pás (jehož tloušťka je okolo 2 až 3,5 mm) značně křehký a nemá odolnost při následných operacích při změně teploty okolí, jako je odvíjení a odřezávání konců. Během těchto činností se objevují na hranách pásu nebo se dokonce pás přetrhl během ochlazování.

Tato nízká tažnost se obvykle zjistí pomocí několika faktorů:

- takto odlitý pás má v podstatě sloupkovou strukturu sestávající z hrubých feritických zrn (průměrná velikost zrn je větší než 300 μm v tloušťce pásu), která směřuje v důsledku posloupných rychlých tuhnutí na válcích a zbývajícího pásu při vysoké teplotě po opuštění válců, když není vystaven prudkému ochlazování,
- feritická zrna mají vysokou tvrdost díky jejich přesycení intersticiálními prvky jako jsou uhlík a dusík,
- přítomnost martenzitu vznikajícího z tuhnoucího austenitu za vysokých teplot.

Při dalším opatření je třeba počítat s tím, že předmět bude po jeho ochlazení svinován a žíhán na teplotu pod Ac1 pro transformaci feritu na austenit během ohřevu. Běžně se toto žíhání provádí do teploty přibližně 800 °C po dobu alespoň 4 hodin. Cílem je vysrážení karbidů z feritické matrice při transformaci martenzitu na ferit a karbidy a spojení karbidů chrómu tak, že kov změkne. Toto zpracování zlepšuje mechanické vlastnosti a tažnost nehledě na zachování sloupcové struktury sestávající z hrubých feritických zrn. Avšak pokusy prováděné při průmyslové výrobě ukázaly, že tato metoda je nevhodná pro získání pásu s vhodnou tažností.

Tato stávající křehkost pásu po žíhání je vysvětlována tou skutečností, že takto litý pás, jednou svinutý, je podroben velmi pomalému ochlazování dokud jeho obě strany v kontaktu s horkým kovem a pouze jeho hrany jsou v kontaktu s okolním vzduchem a volným sáláním. Toto velmi pomalé ochlazování vede k hojné precipitaci karbidů z feritu a k transformaci částí austenitu na ferit a karbidy, přičemž zbytková austenit se při ochlazování přetváří v martenzit. Žíhání umožňuje kompletní přeměnu martenzitu na ferit a karbidy, ale především přispívá k slučování hrubých karbidů do podoby plynulých filmů. Křehkost filmů je specifická pro tyto hrubé karbidy, jejichž velikost je okolo 1 až 5 μm. tyto vytvářejí vznik míst pro zlom, které se šíří napříč okolní feritickou matricí: jejich nežádoucí účinek je navíc zvýšen hrubozrnnou strukturou.

V důsledku toho bylo provedeno mnoho pokusů pro vytvoření dvouválcového licího procesu pro feritické nekorodující ocelové pásy, mající požadovanou tažnost. Pokusy jsou směřovány k modifikaci podmínek precipitace v době ochlazování pásu nebo k „rozbití" takto lité struktury sestávající z hrubých feritických zrn.

S ohledem na tuto skutečnost je možné uvést spis JP–A–62 247 029, který popisuje in–line ochlazování rychlostí větší nebo rovnou 300 °C/s mezi teplotami 1200 až 1000 °C, načež následuje svinování, které je prováděno při teplotách mezi 1000 až 700 °C.

Spis JP–A–5 293 595 doporučuje svinování při teplotě 700 až 200 °C, přičemž je použita ocel s nízkým obsahem uhlíku a dusíku (0,030 % hmotn. nebo méně) a obsahem niobu od 0,1 do 1,0 % hmotn., niob působí jako stabilizátor.

Další spisy navrhují provádění in–line válcování za tepla při výše uvedených poměrech uhlíku a dusíku, které může být rovněž kombinováno se stabilizátorem niobu nebo stabilizátorem dusíku (viz spisy JP–A–2 232 317, JP–A–6 220 545, JP–A–8 283 845, JP–A–8 295 943).

Zmíněn může být rovněž spis EP–A–0 638 653, který popisuje u oceli obsahující 13 až 25 % hmotn. chrómu, maximální celkový obsah niobu, titanu, hliníku a vanadu od 0,05 do 1,0 % hmotn., celkový obsah uhlíku a dusíku od maximálně 0,030 % hmotn. a obsah molybdenu od 0,3 do 3,0 % hmotn. hmotnostní složení oceli musí dále odpovídat podmínce $\gamma p < \gamma 0$ %. γp je kritérium představující množství austenitu ve formě sraženin. Matematický vzorec je následující:

$$\gamma p = 420x\%C + 470x\%A + 23x\%Ni + 9x\%Cu + 7x\%Mn - 11.5x\%Si - 12x\%Mo - 23x\%V - 47x\%Nb - 49x\%Ti - 52x\%Al + 189.$$

Pás musí být dále válcován za tepla při teplotě v rozsahu 1150 až 900 °C s poměrem redukce od 5 do 50 %, poté ochlazován rychlostí nižší nebo rovnou 20 °C/s nebo být udržován na teplotě 1150 až 950 °C po dobu alespoň 5 s a nakonec svinován při teplotě nižší nebo rovné 700 °C.

Pro další realizování všech těchto postupů je potřeba kombinovat následující:

- drahé a obtížné míchání tekutého materiálu zamýšleného pro odlévání pásu, když je potřebné získat nízký obsah uhlíku a dusíku nebo je potřeba získat požadovaný obsah stabilizačních prvků,
- termomechanické a tepelné zpracování mimo licí linie pomocí drahých zařízení (in–line válcovací stolice za tepla), a
- použití komplexních tepelných cyklů rovněž vyžaduje zařízení, která jsou speciálně přizpůsobena pro získání vysoké rychlosti ochlazování nebo udržování na vysoké teplotě po dlouhou dobu.

Podstat vynálezu

Podstatou vynálezu je navržení ekonomického způsobu výroby tenkého pásu z feritické nekorodující ocele AISI 430 a obdobných typů na dvojválcové licí stolici, kterým se získává uvedený pás s dostatečnou tažností, umožňující navíjení, odstřihování hran a zpracování za studena (moření, válcování a tak dále) bez výskytu nehod jako je přetržení pásu nebo vznik trhlin na hranách. Dále pro dosažení ekonomičnosti tento způsob nevyžaduje další složité zařízení k standardnímu dvojválcovému stroji. Rovněž není požadováno odvádění tekuté kovové taveniny pro získání požadovaného velmi nízkého obsahu prvků jako jsou uhlík a dusík a nejsou potřeba další drahé legující prvky.

Předmětem vynálezu je způsob výroby feritického korozivzdorného ocelového pásu, u kterého je pás z feritické korozivzdorné oceli, typu obsahujícího maximálně 0,012 % hmotn. uhlíku, maximálně 1 % hmotn. manganu, maximálně 1 % hmotn. křemíku, maximálně 0,040 % hmotn. fosforu, maximálně 0,030 % hmotn. síry a mezi 16 až 18 % hmotn. chrómu, ochlazen přímo z tekutého kovu mezi dvěma vnitřně chlazenými proti sobě se otáčejícími válci s horizontálními osami umístěnými u sebe, vyznačující se tím, že uvedený pás je poté ochlazován nebo odváděn k zchladnutí pro odstranění zbytkového austenitu na ferit a transformaci karbidů, při kterém je uvedený pás navíjen při teplotě mezi 600 °C a teplotou martenzitické transformace Ms, poté je navíjený pás ochlazován s maximální rychlostí 300 °C/h na teplotu mezi 200 °C a teplotu okolí a poté je uvedený pás žíhán.

Předmětem vynálezu je rovněž pás z feritické korozivzdorné oceli, typu obsahujícího maximálně 0,012 % hmotn. uhlíku, maximálně 1 % hmotn. manganu, maximálně 1 % hmotn. křemíku, maximálně 0,040 % hmotn. fosforu, maximálně 0,030 % hmotn. síry a mezi 16 až 18 % hmotn. chrómu, vyznačující se tím, že ho je možné získat výše uvedeným způsobem výroby.

Jak je zřejmé, vynález spočívá z počátečního lití mezi dvěma válci pásu z feritické korozivzdorné oceli se standardním složením, ochlazování a navíjení uvedeného pásu za specifických podmínek, který je poté podroben žíhání. Cílem tohoto zpracování je podstatně omezit jak je to jen možné tvorbu hrubých karbidů způsobujících zkřehnutí. Za tímto účelem je nutné omezit precipitaci karbidů a podpořit transformaci austenitu na martenzit v tavenině a zároveň zabránit transformaci tohoto martenzitu, která může nastat do operace navíjení pásu.

Přehled obrázků na výkresech

Vynález bude jasněji pochopitelný z následujícího popisu využívajícího přiložené obrázky.

Na obr. 1 je znázorněn diagram ukazující transformační křivky ochlazování oceli jakosti podle AISI 430, pro čtyři příklady A, B, C, D tepelného zpracování následujícího poté co pás opustí licí válce, zahrnující dva příklady C a D, u kterých je tepelné zpracování provedeno podle tohoto vynálezu.

Na obr. 2 je znázorněna fotografie, provedená z elektronového mikroskopu, tenké fólie odebrané z pásu, který byl podroben tepelnému zpracování A z obr. 1 a poté byl žíhán.

Na obr. 3 je znázorněna fotografie, provedená z elektronového mikroskopu, tenké fólie odebrané z pásu, který byl zhotoven podle tohoto vynálezu a potom podroben tepelnému zpracování mezi C a D z obr. 1 a poté byl žíhán.

Příklady provedení vynálezu

Dále budou popsány ocele, jejichž složení odpovídá obvyklým kritériím jakosti AISI 430, odpovídajícím standardním feritickým korozivzdorným ocelím. Tyto obsahují maximálně 0,012 % hmotn. uhlíku, maximálně 1 % hmotn. manganu, maximálně 1 % hmotn. křemíku, maximálně 0,040 % hmotn. fosforu, maximálně 0,030 % hmotn. síry a mezi 16 až 18 % hmotn. chrómu. Avšak bez dalšího zdůrazňování je zřejmé, že rozsah vynálezu se může týkat i ocelí obsahujících další legující prvky, které nejsou nutně požadovány u obvyklých standardů (například stabilizátory jako je titan, niob, vanad, hliník, molybden), pokud jejich obsah nepřesahuje bod, který by působil proti metalurgickým procesům, které budou popsány a které spadají do rozsahu tohoto vynálezu. Zejména přítomnost těchto legujících prvků nesmí mít vliv na transformační křivky příkladně z obr. 1 do bodu teplotních křivek, které musí pás podstoupit podle tohoto vynálezu tak, aby nebyly delší než je možné provést v licím dvouválcovém zařízení.

Oceli, které byly podrobeny zkouškám, jejichž výsledky budou popsány a vysvětleny s pomocí obr. 1 až obr. 3 měly následující složení, uvedené v hmotnostních procentech:

- uhlík 0,043 %
- křemík 0,240 %
- síra 0,001 %
- fosfor 0,023 %
- mangan 0,410 %
- chróm 16,360 %
- nikl 0,220 %
- molybden 0,043 %
- titan 0,002 %
- niob 0,004 %
- měď 0,042 %
- hliník 0,002 %
- vanad 0,064 %
- dusík 0,033 %
- kyslík 0,0057 %
- bór méně než 0,001 %

to jest uhlík + dusík dohromady 0,076 % (toto je normální pro takovouto jakost), γp kritérium, vyčíslené z běžného vzorce, zmíněného výše, je rovno 37,6 % (které není podstatně nízké, zejména proto, že je relativně nízký obsah vanadu, molybdenu, titanu a niobu a teplota Acl pro transformaci feritu na austenit během ohřevu je 851 °C. další teplota je vypočtena pomocí obvyklého vzorce:

$$Acl = 35x\%Cr + 60x\%Mo + 73x\%Si + 170x\%Nb + 290x\%V + 620x\%Ti + 750x\%Al + 1\,400x\%B - 250x\%C - 280x\%A - 115x\%Ni - 66x\%Mn - 18x\%Cu + 310.$$

Jak bylo uvedeno výše, když je takto odlitý pás naviján při teplotě okolo 700 až 900 °C bez nuceného ochlazování a poté odváděn k chlazení na vzduchu v navinutém stavu než je podroben žíhání, tažnost pásu po takovémto žíhání není dostačující. Výsledkem je to, že pomalé ochlazování při navíjení předpokládá průchod kovu do oblasti pro precipitaci karbidů chrómu typu Cr23C6 z feritu (jejichž precipitace probíhá na hranicích zrn feritu a na rozhraní ferit/austenit) a navíc v oblasti pro rozklad austenitu na ferit a karbidů chrómu typu Cr23C6. Tento mechanizmus přispívá růstu hrubých křehkých karbidů a žíhání, které umožňuje zvýrazněnou koalescenci křehkých karbidů ve formě rovnoměrných filmů. Transformační křivky na obr. 1 platné pro jakost AISI 430 znázorňují tento úkaz.

Na obr. 1 je zejména znázorněna teplota Ac5 představující konec transformace alfa feritu na gama austenit během ohřevu, teplota Acl počátku této transformace a teploty Ms a Mf počátku a konce transformace gama austenitu na alfa martenzit během ochlazování. Rovněž je znázorněna křivka 1, která představuje teplotní rozsah ve kterém precipitující karbidy chrómu typu Cr23C6 obsazují místa na hranách feritových zrn a na rozhraní ferit/austenit a křivka 2 představující oblast počátku transformace z austenitu na ferit a karbidy chrómu. Rovněž jsou znázorněny čtyři příklady A, B, C, D tepelného zpracování litého pásku po opuštění válců, včetně dvou (C a D), které odpovídají řešení podle vynálezu.

Tepelné zpracování A podle dosavadního stavu techniky, popsané výše, využívá chlazení pásu volně na otevřeném vzduchu po jeho opuštění licích válců a jeho navíjení na přibližně 800 °C, přičemž oblast pro precipitaci karbidů chrómu na hranicích zrn feritu a rozhraní feritu/austenitu. Jak je uvedeno, toto navíjení značně snižuje ochlazování pásu, který je poté prokazatelně delší dobu v oblasti pro transformaci austenitu na ferit a karbidy chrómu, před návratem na okolní teplotu.

Tepelné zpracování B využívá chlazení pásu volně na otevřeném vzduchu do dosažení okolní teploty bez jeho navíjení. Pás nezůstává v oblasti transformace austenitu na ferit a karbidy chrómu, ale přechází především do oblasti martenzitické transformace mezi Ms a Mf teplotami. Je evidentní proč takovéto tepelné zpracování nemůže být předmětem vynálezu.

Tepelné zpracování C podle vynálezu spočívá zaprvé v ochlazování pásu na vzduchu předtím než je navíjen, čímž je chráněn před zbývající oblastí pro transformaci austenitu na ferit a karbidy chrómu, a poté je odváděn k navíjecí operaci probíhající při teplotě pouze 600 °C. Při ochlazování svinutého pásku probíhá zpracování více či méně znovu podle konečné tepelné cesty tepelného zpracování A.

Tepelné zpracování D rovněž odpovídá vynálezu, je částečně ve svém principu shodné z tepelným zpracováním C, ale navíjení pásku probíhá pouze při teplotě přibližně 300 °C. Avšak tato teplota se nemusí nacházet nad teplotou Ms (která závisí na chemickém složení oceli) a když je svitek ochlazován, pás je udržován mimo zbývající oblasti kde martenzitická transformace může zaujímat velmi široký rozsah. Závěrečné tepelné zpracování probíhá podle tepelného zpracování A a C.

Fotografie na obr. 2 znázorňuje část vzorku z příkladného pásu, který byl podroben tepelné cestě A z obr. 1 (s následným navinováním při teplotě 800 °C) a dále ochlazen při teplotě okolí v navinuté podobě a poté žíhán při standardních podmínkách, zejména při základní době 6 hodin na přibližně 800 °C. Pás má chemické složení popsané výše a tloušťku 3 mm. Na fotografii je možné pozorovat, že většina vzorku je složena z hrubých feritických zrn 3. Oblast 4 mající malá feritická zrna vzniklá z transformace alfa martenzitu žíhání představuje pouze malou část vzorku. Především je důležité upozornit na přítomnost souvislých vrstev 5 karbidů chrómu nacházejících se ve struktuře. Tyto vrstvy karbidů chrómu vznikají z toho důvodu, že původně pomalé ochlazování svinutého pásu v oblasti transformace austenitu na ferit a karbidy způsobuje zvýšenou precipitaci karbidů a poté pozdější žíhání zvýrazní koalescenci těchto karbidů. Jak je patrné, přítomnost těchto souvislých vrstev karbidů je jedním z důvodů zhoršené tažnosti kovu.

Na fotografii na obr. 3 je znázorněna část vzorku odebraného z pásu podle tohoto vynálezu (se stejným chemickým složením a tloušťkou jako je na obr. 2), který byl podroben střednímu tepelnému zpracování mezi C a D na obr. 1 do ochlazení na okolní teplotu (pás byl svinut za teploty 500 °C) a poté podroben žíhání shodnému s žíháním na referenčním vzorku z obr. 2. Je patrné, že hrubá feritická zrna 3 jsou stále přítomna, ale oblast 6 obsahující malá feritická zrna, vzniklá při transformaci alfa martenzitu zaujímá větší část. vzhledem k získání pásu rychlým průchodem přes oblast precipitace karbidu a nitridu a vyhnutí se oblasti precipitace austenitu na ferit a karbidy dochází nejdříve k omezené precipitaci jemných karbidů ve feritu (toto je

nevyhnutelné při jejich zrychlené precipitaci). Dále, velké oblasti austenitu bohatší na uhlík a dusík než ferit, takto zůstávají a jsou v podstatě transformovány na martenzit. Během žíhání, které následuje, jemné karbidy precipitují uvnitř feritu a martenzit se rozkládá na ferit a jemné karbidy, které jsou mnohem homogenněji rozmístěny než v příkladném vzorku z obr. 2. Takto nejsou plynulé vrstvy spojených karbidů dále pozorovány, spíše velmi často vznikají přerušovaná vlákna 7 z malých karbidů (menších než 0,5 μm) na hranicích mezi hrubými feritickými zrny a oblastmi obsahujícími malá feritická zrna s rozptýlenými karbidy. Tyto malé karbidy jsou značně méně citlivé na vznik zlomu než plynulé vrstvy u příkladného vzorku. Uvedený vznik oblastí obsahujících malá feritická zrna během žíhání vzhledem k uvolnění napětí vzniklého během tvorby martenzitu zvyšuje regenerační schopnosti. Tyto oblasti malých feritických zrn jsou mnohem kujnější než matrice sestávající z hrubých feritických zrn a vytváří tak možnost omezení zkřehnutí kovu, zejména při snížení šíření trhlin při praskání.

Tažnost pásu získaného příkladným postupem a pásu získaného způsobem podle tohoto vynálezu byla porovnána vrubovou houževnatostí pomocí zkoušky rázem Charpyho zkouškou na zkušebních vzorcích, během které byla jejich houževnatost posouzena měřením energie absorbované vzorky při 20 °C. Zkoušky byly prováděny na vzorcích pásu před a po žíhání. Výsledky jsou uvedeny v následující tabulce 1:

Tabulka 1: Tažnost vzorků pásu v závislosti na teplotě svinování.

	Energie absorbovaná při 20 °C před žíháním	Energie absorbovaná při 20 °C po žíhání
Pásek svinován při 800 °C (příklad)	5 J/cm^2	5 J/cm^2
Pásek svinován při 500 °C (vynález)	5 J/cm^2	60 J/cm^2

Je možné sledovat, že teplota svinování nemá vliv na tažnost při 20 °C takto vyráběného pásu, který nebyl ještě podroben žíhání. Tato tažnost je velmi malá a není zvýšena žíháním v případě příkladného pásu svinovaného za tepla. Jak je patrné z fotografie na obr. 2, žíhání bylo v tomto příkladném provedení neschopné zvýšit strukturu kovové matrice a rozložení karbidů, které jsou podstatné pro dobrou tažnost. Na druhou stranu, tažnost pásu svinovaného za podmínek doporučených vynálezem byla značně zvýšena žíháním a byla tak velmi zvednuta na vyhovující úroveň. To je důvod proč příklady znázorňují, že tažnosti dále od 30 do 40 J/cm^2 pro zpracování za studena (zejména nesvinované a bez ostřihování) je možné dosáhnout bez poškození pásu.

Skutečnost, že svinovaný pás, který se vyhne průchodu přes oblast transformace austenitu na ferit a karbidy a během ochlazování pásu dochází k tvorbě jemných karbidů uvnitř feritu, jejichž morfologie a rozmístění je v podstatě více vhodná, má ten výsledek, že má po žíhání jemné a rovnoměrně rozmístěné karbidy. Toto je mnohem méně škodlivé pro tažnost pásu než plynulé vrstvy karbidů pozorovatelné v příkladném vzorku. Matrice kovu získaná po ochlazení svinutého pásu při nižší teplotě, která je bohatší na martenzit, je rovněž mnohem výhodnější pro dobrou tažnost konečného pásu do žíhací operace působící na martenzit a působící na rozložení na malozrnný ferit.

Další test představuje tažnost stejných pásů po provedení žíhání. Test využívá vzorků jejichž hrany byly střihány nebo podrobeny střídavému ohýbání pod úhlem 90°. Jeden ohýbací cyklus představuje ohnutí vzorku o 90° a jeho následné ohnutí zpět do původního rovinného tvaru. Počet ohýbacích cyklů, které jsou možné dokud nedojde k porušení vzorku nebo objevení trhliny v ohýbané oblasti je rozhodný. Tabulka 2 uvedená dále uvádí hodnoty tohoto příkladu.

Tabulka 2: Průměrný počet ohýbacích cyklů před prasknutím nebo objevením trhlin v závislosti na teplotě svinování.

	Opracované hrany	Odstřižené hrany
Pásek svinovaný při 800 °C (příklad)	2	0
Pásek svinovaný při 500 °C (vynález)	6	4

Počet ohýbacích cyklů rovný 0 znamená, že pás není schopen přečkat ani jedno ohnutí bez objevení prvních prasklin nebo přímo prasknutí vzorku. Opět je nápadné, že pás, který byl získán způsobem podle vynálezu vykazuje mnohem lepší vlastnosti než příkladný pás z důvodů, které byly uvedeny výše.

V souhrnu, první základní myšlenkou řešení podle vynálezu je podrobení pásu opouštějícího válce, ochlazování, které umožňuje omezit precipitaci karbidů, především jejímu vyhnutí se, což může omezit rozklad austenitu a což umožňuje koalescenci do plynulých hrubých vrstev během žíhání. Druhou myšlenkou je zvýšení tohoto výrobního stupně transformací austenitu na martenzit tak, že je získán co nejrychleji jemnozrnný ferit během žíhání. Tyto podmínky jsou dosaženy když je čas potřebný pro lití pásu v oblasti precipitace karbidů a nitridů z feritu omezen a především když je pás ochráněn před oblastí transformace zbytkového austenitu na ferit a karbidy. Prakticky jsou dosaženy uvedené podmínky AISI 430, přičemž je požadovaný pás svinován při 600 °C nebo při nižší teplotě při vyhnutí se oblasti transformace zbytkového austenitu na ferit a karbidy, když je ochlazován. Zejména v závislosti na podmínkách lití, jako je tloušťka pásu, rychlost lití a vzdálenost válců od místa svinování, mohou být tyto podmínky splněny zcela jednoduchým ochlazováním pásu volně na vzduchu nebo může být potřeba užít zařízení u kterého je pás ochlazován prudce, například pomocí stříkání chladicího média, jako je voda nebo směs vody se vzduchem. Toto závisí na požadovaných výsledcích, které jsou obecně dosaženy pomocí nuceného ochlazování pásu rychlostí větší nebo rovnou 10 °C/s v době mezi opuštěním válců a dosažením teploty 600 0176C nebo nižší při svinování.

Ačkoli tvorba martenzitu během svinování pásu musí být kontrolována, nepředstavuje větší problémy. V první řadě je nutné zabránit tvorbě martenzitu před svinováním, protože představuje vysoké riziko porušení pásu během svinování. Z tohoto důvodu je nutné při svinování udržovat teplotu nad teplotou Ms transformace austenitu na martenzit, tj. přibližně 300 °C. Dále, pokud je cívka ochlazována příliš rychle (rychleji než 300 °C/h), může docházet ke zvýšené tvorbě velmi tvrdého martenzitu. Později může být pás příliš křehký pro umožnění manipulace bez poškození cívky před žíháním. Příklad B tepelného zpracování na obr. 1 představuje nedostatky, které mohou být způsobeny příliš rychlým ochlazováním pásu při absenci výsledků svinování při průměrné rychlosti ochlazování přibližně 1000 °C/h. Po tomto ochlazení má pás tvrdost 192 HV, která je příliš vysoká, zatímco příkladný pás, který byl podroben tepelnému zpracování A měl tvrdost 155 HV. Pásy podle vynálezu, které byly podrobeny tepelnému zpracování mezi C a D mají tvrdost okolo 180 HV. Je možné konstatovat, že svinovaný pás nesmí být ochlazován rychlostí větší než 300 °C/h. v praxi jsou tyto podmínky obecně dosaženy na průmyslových zařízeních bez potřeby speciálních měření zajišťujících rychlost ochlazování cívek (obvyklá rychlost ochlazování na vzduchu okolo 100 °C/h je běžně dosahována).

Navíc pro další získání dobrých výsledků je nutné provést žíhání pásu pokud není svinutý pás zcela ochlazen po určitou dobu pro zabránění případné transformace, zejména austenitu na martenzit. V praxi musí být žíhání provedeno když je počáteční teplota cívky mezi teplotou okolí a 200 °C. Obvykle je prováděno při teplotě 800 až 850 °C po dobu alespoň 4 hodin.

V porovnání s dalšími známými způsoby umožňujícími zlepšení tažnosti feritických korozivzdorných ocelových pásů obsahujících přibližně 17 % hmotn. chrómu, způsob podle vynálezu

má výhodu v tom, že nevyžaduje speciální a drahé modifikace jakosti jako je doplnění stabilizátorů a/nebo redukce obsahu uhlíku a dusíku dolů na potřebnou nízkou úroveň. Může být využito dvouválcových plynulých strojů, které nevyžadují doplnění podávacím válcovým zařízením pro válcování pásů za tepla. Není potřeba speciálních doplňků po navíjecím kroku ve výrobním cyklu (žíhací box, odstřihávání okrajů, moření a podobně). Jedinou modifikací standardních dvouválcových licích zařízení je instalace vhodných doplňků pro požadovanou možnost chlazení pásu pod válci. Takovéto zařízení, které může mít velmi jednoduchou konstrukci, může zajistit, že pás nikdy neprochází oblastí transformace austenitu na ferit a karbidy a že ochlazování vždy probíhá při teplotě 600 °C nebo nižší, přičemž rozsah lití a tloušťka pásu a i navíjecí zařízení může být umístěno v blízkosti válců (toto může být podle požadavků vyměňováno podle různých typů ocelí).

Zbývající podstatou vynálezu je vlastní aplikace způsobu popsaného výše na pásu válcovém mezi dvěma válci, který je tažen za tepla pod válce kde je prováděno požadované ochlazování pásu a navíjení pásu. Může být žádoucí podrobit takovéto válcování dalšímu zdokonalení vnitřní struktury pásu, uzavřením všech vnitřních pórozit a zlepšení kvality jeho povrchu. Dále, válcování za tepla prováděné za teplot mezi 900 až 1150 °C s redukčním poměrem alespoň 5 % má významný vliv na tažnost pásu. Zkušenosti ukázaly, že tažnost se zvyšuje s účinkem způsobu podle vynálezu bez nutnosti splnění velmi striktních analytických podmínek popsaných v již zmíněném spisu EP–A–0 638 653. Takto je možné získat pás s větší tažností než u jediné aplikace válcování za tepla nebo jediné aplikace základní verze podle vynálezu.

Pro názornost byl proveden příklad odlití pásu na dvouválcovém zařízení mající tloušťku 2,7 mm a chemické složení (uvedené v procentech hmotnostních):

– uhlík	0,040 %
– křemík	0,230 %
– síra	0,001 %
– fosfor	0,024 %
– mangan	0,400 %
– chróm	16,500 %
– nikl	0,570 %
– molybden	0,030 %
– titan	0,002 %
– niob	0,001 %
– měď	0,060 %
– hliník	0,003 %
– vanad	0,060 %
– dusík	0,042 %
– kyslík	0,0090 %
– bór	méně než 0,001 %

toto složení odpovídá kritériu γp pro 46,5 % a teplotu Acl 826 °C.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob výroby feritického korozivzdorného ocelového pásu, u kterého má pás z feritické korozivzdorné oceli tloušťku menší než 10 mm, **vyznačující se tím**, že pás z korozivzdorné oceli typu obsahujícího maximálně 0,12 % hmotn. uhlíku, maximálně 1 % hmotn. manganu, maximálně 1 % hmotn. křemíku, maximálně 0,040 % hmotn. fosforu, maximálně 0,030 % hmotn. síry a mezi 16 až 18 % hmotn. chrómu, se ochlazuje přímo z tekutého kovu mezi dvěma vnitřně chlazenými proti sobě se otáčejícími válci s horizontálními osami umístěnými u sebe, přičemž pás se poté ochlazuje nebo nechá zchladnout pro transformaci zbytkového austenitu na ferit a transformaci karbidů, při kterém se pás navíjí při teplotě mezi 600 °C a teplotou martenzitické transformace Ms, poté se navíjený pás ochlazuje s maximální rychlostí 300 °C/h na teplotu mezi 200 °C a teplotou okolí a poté se pás žíhá.

2. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že žíhání se provádí při teplotách 800 až 850 °C po dobu alespoň 4 hodin.

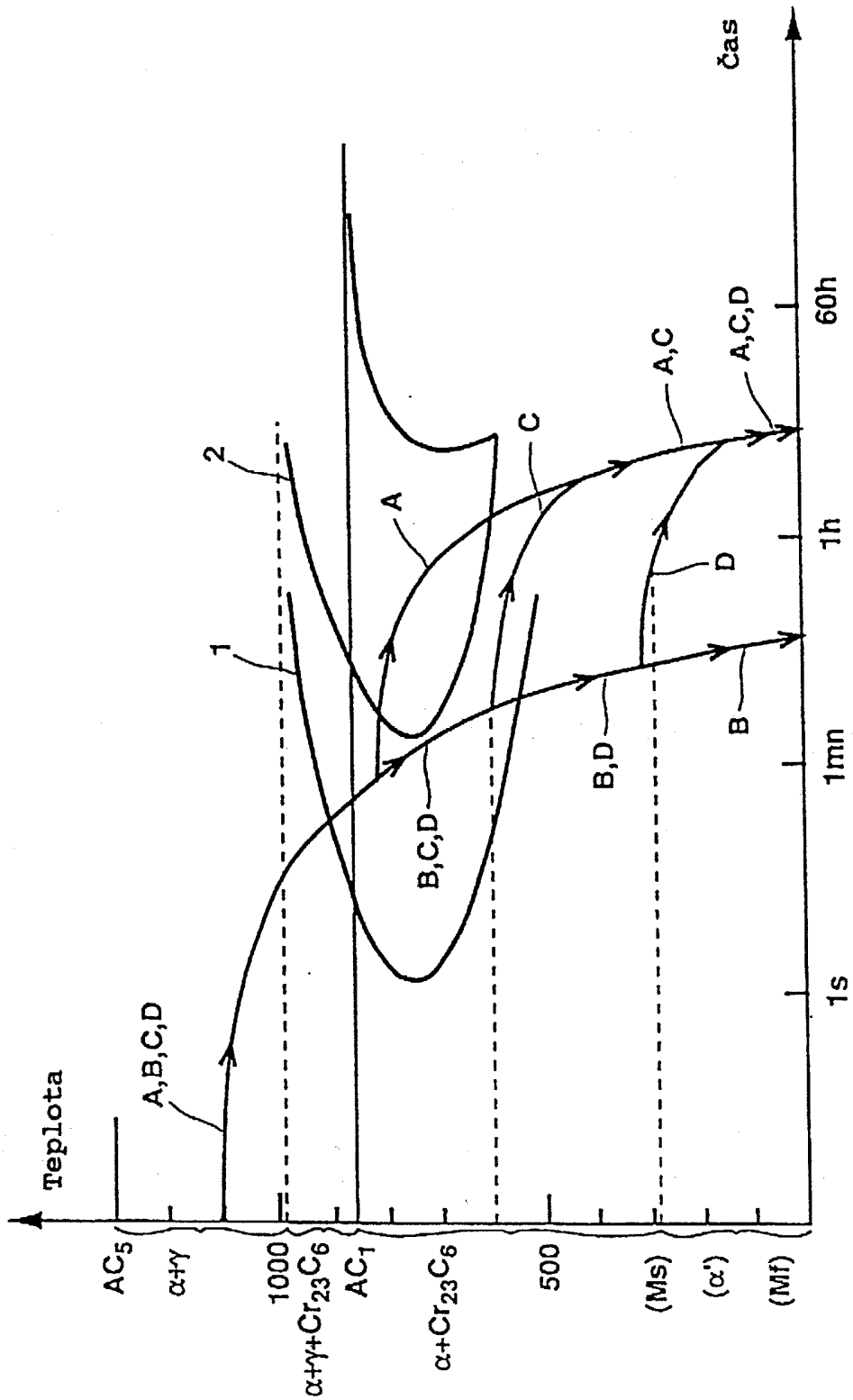
3. Způsob podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že u pásu se zabraňuje vzniku oblasti se zbytkovým austenitem při transformaci na ferit a karbidy jeho podrobením ochlazování rychlostí větší nebo rovnou 10 °C/s alespoň v období mezi tuhnutím pásu při opouštění válců a dosažením teploty 600 °C.

4. Způsob podle nároku 3, **vyznačující se tím**, že na pás se při ochlazování nanáší chladivo na povrch pásu.

5. Způsob podle kteréhokoli z nároků 1 až 4, **vyznačující se tím**, že než je pás svinován, válcuje se za tepla mezi 900 až 1150 °C s poměrem redukce tloušťky nejméně 5 %.

6. Pás z feritické korozivzdorné oceli, **vyznačující se tím**, že je zhotoven způsobem podle kteréhokoli z výše uvedených nároků, přičemž obsahuje maximálně 0,12 % hmotn. uhlíku, maximálně 1 % hmotn. manganu, maximálně 1 % hmotn. křemíku, maximálně 0,040 % hmotn. fosforu, maximálně 0,030 % hmotn. síry a mezi 16 až 18 % hmotn. chrómu.

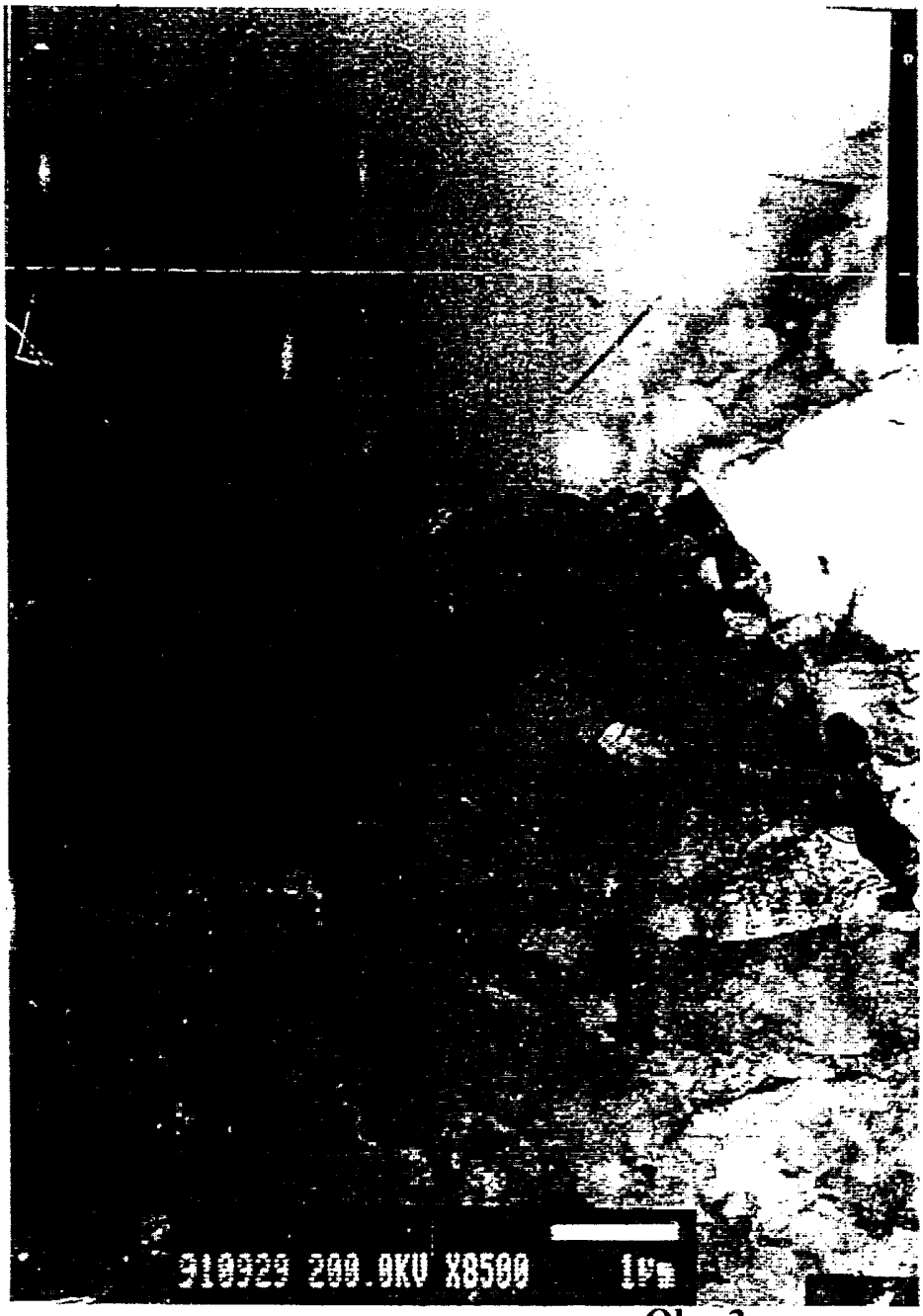
3 výkresy


Teplota
Čas
A,B,C,D
AC5
α+γ
1000
α+γ+Cr23C6
AC1
α+Cr23C6
500
(Ms)
(α')
(Mf)
1s
1mn
1h
60h
1
2
A
B,C,D
C
A,C
A,C,D
B,D
D
B

Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3

Konec dokumentu