

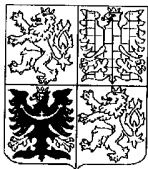
PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

2000 - 755

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



(22) Přihlášeno: **28.08.1998**

(32) Datum podání prioritní přihlášky: **01.09.1997**

(31) Číslo prioritní přihlášky: **1997/236214**

(33) Země priority: **JP**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **11.07.2001**
(Věstník č. 7/2001)

(86) PCT číslo: **PCT/JP98/03869**

(87) PCT číslo zveřejnění: **WO99/11826**

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl. ⁷:

C 21 B 13/14

ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(71) Přihlašovatel:

KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO, Kobe-shi,
JP;

(72) Původce:

Uragami Akira, Osaka-shi, JP;
Ito Shuzo, Osaka-shi, JP;
Tokuda Koji, Osaka-shi, JP;

(74) Zástupce:

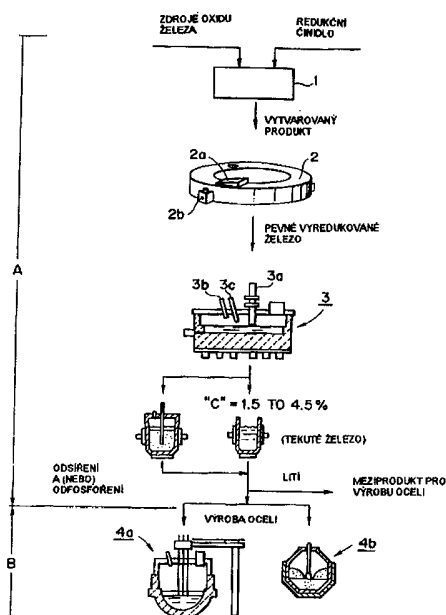
PATENTSERVIS PRAHA a.s., Jivenská 1, Praha 4,
14000;

(54) Název přihlášky vynálezu:

Způsob výroby železa a oceli

(57) Anotace:

Výroba železa podle navrhovaného řešení spočívá v tom, že se (a) použije oxid železnatý a uhlíkové redukční činidlo, (b) z uhlíkového redukčního činidla a oxidu železnatého se připraví vytvarovaný produkt (2) a (c) z vytvarovaného produktu se připraví pevné vyredukované železo (3), přičemž pevné vyredukované železo vykazuje stupeň metalizace alespoň 60 %, měrnou hmotnost alespoň $1,7 \text{ kg/m}^3$ a obsah uhlíku alespoň 50 % teoretického množství potřebného k redukcí oxidu železnatého zbývajícího v pevném vyredukovaném železe a (d) před ochlazováním se provádí ohřev (4a, 4b) pevného vyredukovaného železa v tavicí peci obloukového typu na vysokou teplotu.



13158CPP

Postup výroby železa a oceli

Oblast vynálezu

Vynález se týká zdokonalení postupu výroby železa a postupu výroby oceli při produkci kovového železa tepelně redukčními oxidy železa (např. železnými rudami) spolu s uhlíkovým redukčním činidlem (např. materiálem obsahujícím uhlík). Konkrétněji se vynález týká zdokonalení postupu výroby železa oceli a postupu výroby oceli, přičemž tekuté železo se vyrábí z vytvarovaných produktů obsahujících tepelně redukční oxidy železa spolu s uhlíkovým redukčním činidlem (peletami či briketami) v pevném stavu, a jejich následnou redukci a roztavením. Těmito postupy lze sérií kroků od tepelné redukce až po redukční tavení zvýšit tepelnou účinnost a účinně provádět separaci složek hlušiny.

Dosavadní stav techniky

Jako přímý redukční proces sloužící k výrobě vyredukovaného železa redukcí oxidů železa, jako jsou železné rudy nebo pelety z oxidu železnatého, uhlíkovým materiálem nebo redukčním plynem je dosud znám postup využívající šachtové pece, jehož typickým představitelem je postup zvaný MIDREX. V postupu přímé výroby železa tohoto typu se vyredukované železo získává foukáním redukčního plynu vytvořeného ze zemního plynu atp. přes výfučnu šachtové pece ve spodní části šachtové pece a redukčního oxidu železnatého s využitím redukční síly redukčního plynu. Dále byl v nedávné době zmiňován postup výroby vyredukovaného železa s využitím materiálu obsahujícího uhlík, např. uhlí, jako redukčního činidla místo zemního plynu, a konkrétně prakticky použit již byl tzv. postup SL/RN tepelně redukčních spékaných pelet železných rud společně s rafinovaným uhlím v rotační peci.

Patent Spojených států č. 3 443 931 dále ukazuje postup výroby vyredukovaného železa, který zahrnuje smíchání uhlíkového materiálu a oxidu železnatého do hrudek a jejich tepelnou redukci v rotační nístěži. V tomto procesu je železná ruda a rafinované uhlí smícháno do hrudek, které jsou pak zpracovány tepelnou redukcí při vysoké teplotě.

Vyredukované železo vytvořené výše uvedeným postupem se využívá jako zdroj železa tak, že se dodá přímo nebo po zformování do tvaru brikety při atmosférické teplotě do elektrické obloukové pece. Protože vyredukované železo obsahuje méně kovových složek nečistot, jako jsou kovové příměsky, bylo vyredukované železo uváděno v nedávných letech, kdy nabývala na aktuálnosti recyklace kovových odpadů, jako ředidlo pro kovové příměsky obsažené v odpadech.

Protože však složky strusky, jako je SiO_2 , Al_2O_3 a CaO , obsažené jako hlušina v oxidech železa (železné rudě atp.), narušují uhlíkové materiály (uhlí atp.) a snižuje se kvalita železa produktů (čistota u kovového železa). Ačkoli jsou při praktickém použití prvky strusky v dalších krocích tavení odděleny a odstraněny, nárůst množství strusky snižuje výtěžek roztaveného tekutého železa a zároveň má značný nežádoucí vliv na provozní náklady elektrické obloukové pece.

Je třeba získat vyredukované železo s vysokým obsahem železa a nižším obsahem strusky. Avšak při plnění této potřeby se ve stávajícím procesu výroby vyredukovaného železa, jak je popsán výše, musí jako suroviny pro výrobu vyredukovaného železa používat železné rudy s vysokým obsahem železa, což značně zužuje rozsah výběru materiálů pro výrobu železa, které lze prakticky použít.

Výše popsáný postup z předcházejícího stavu techniky se dále zaměřuje na získání vyredukovaného pevného výrobku jako meziprojektu a musí obsahovat kroky, jako je briketování, chlazení, transport a uložení, dokud produkt nedospěje ke kroku redukčního tavení, což v praxi následuje. Během něho dochází k velké energetické ztrátě, případně si další zařízení či energii vyžádá briketování.

Na druhé straně je znám postup získávání vyredukovaného železa v přípravné fázi přímou redukcí oxidů železa redukčním tavením, což je např. metoda DIOS. Tento postup zahrnuje přípravnou redukci oxidů železa s

předredukčním poměrem 30 až 50 % a následnou redukcí na kovové železo přímou redukční reakcí s pevným uhlíkem a (nebo) oxidem uhelnatým v železné lázni, vytvoření strusky a její roztavení. Protože však tento postup vytváří recyklační systém produkující redukční plyn potřebný pro krok přípravné redukce v tavicí redukční nádobě a zavádění do přípravné redukční pece, je v tomto procesu problematické a nesmírně náročné dosáhnout rovnováhy. Jelikož navíc v tekutém stavu přicházejí do kontaktu tekuté oxidy železnaté (FeO) a žáruvzdorný materiál, poukazuje se na problém velké koroze žáruvzdorného materiálu.

Japonská patentová publikace Hei 3-60883 popisuje další postupy míchání železných rud a uhlíkového materiálu, jejich tvarování do aglomerátů, přípravnou redukcí v ohřívací peci typu rotační nístěže, sázení takto získaných produktů přípravné redukce bez ochlazení do tavicí pece, jejich roztavení, přípravnou redukcí s přidáním uhlíkového materiálu a následné vyfukování kyslíku při tavení. Protože produkty z procesu přípravné redukce jsou při tomto odesílány do tavicí pece a podrobovány redukcí a tavení bez chlazení, vyvolává tento postup pravděpodobně menší ztráty energie, umožňuje nepřetržitý provoz a je účinný také z hlediska produktivity.

Při tomto postupu výroby železa je kyslík (nebo vzduch) vyfukován s velkým množstvím materiálu obsahujícím kyslík do tavicí pece, kde dochází k zahřátí a tavení. Jak je popsáno výše, je v železné rudě a uhlíkovém materiálu v produktech přípravné redukce posílaných do tavicí pece hodně hlušiny, a proto je velké množství strusky vystaveno intenzivnímu pohybu tekutého železa v tavicí peci. Protože do strusky proniká mnoho oxidů železnatých (FeO), vzniká velký praktický problém silné eroze žáruvzdorných materiálů ve vyzdívce, takže je obtížné aplikovat tento postup v průmyslové praxi.

Každopádně platí, že aby se zajistil dostatečný redukční potenciál redukčního plynu potřebný v peci pro přípravnou redukcí v horním proudu tavicí pece, a protože je nutné dodávat velké množství kyslíku a uhlíkového materiálu (několik set kg/tmi, přičemž zkratka tmi = total molten iron, tj. celkové množství tekutého železa, které má být vyrobeno) do tavicí pece, kde se spalují, je tepelná zátěž na tavicí pec nesmírně vysoká a žáruvzdorné materiály ve vyzdívce podléhají při prudkém pohybu tekutého železa a strusky silné erozi. Dále je pro stabilní dodávání redukčního plynu ve vhodném složení a množství potřebném v

peci pro přípravnou redukci nesmírně problematické dosáhnout rovnováhy celého zařízení a je třeba mít řídicí systém pracující na vysoké úrovni.

Podstata vynálezu

Vynález byl sestaven v kontextu následujících situací. Cílem vynálezu je nabídnout postup výroby oceli využívající zdroj oxidu železnatého s vysokým obsahem železa nebo využívající železné rudy s poměrně nízkým obsahem železa, aniž by docházelo k erozi žáruvzdorného materiálu. Tímto postupem výroby železa je navíc možno získat tekuté železo jednoduchým zařízením i obsluhou a lze jej také použít pro výrobu oceli s využitím tekutého železa získaného výše uvedeným postupem.

Postup výroby železa podle vynálezu, jímž lze řešit tento úkol, spočívá v postupu výroby železa, kdy se získává tekuté železo dodáním pevného vyredukovaného železa, vyrobeného z vytvarovaných produktů obsahujících oxid železnatý ve spojení s uhlíkovým redukčním činidlem jako hlavního materiálu pro výrobu vyredukovaného železa při vysoké teplotě bez významného chlazení v tavicí peci obloukového typu. Redukční železo se v tavicí peci zahřeje, přičemž postup zahrnuje předcházející metalizaci pevného vyredukovaného železa na 60 % nebo více, regulaci obsahu uhlíku v pevném vyredukovaném železe na 50 % nebo více vzhledem k teoretickému ekvivalentnímu množství potřebnému k redukci oxidu železnatého zbývajících v pevném vyredukovaném železe a měrné tíhy pevného vyredukovaného železa na hodnotu 1,7 nebo vyšší a zahřátí pevného vyredukovaného železa tavicí pecí obloukového typu za účelem získání tekutého železa s obsahem uhlíku od 1,5 do 4,5 %.

V praxi se výše popsaný vynález používá, tak že při efektivní přípravě tavení a redukce a při minimalizaci eroze žáruvzdorných materiálů ve vyzdívce tavicí pece obloukového typu je pevné vyredukované železo v tavicí peci obloukového typu položeno na tekutou strusku, přičemž zásaditost tekuté strusky je přednostně regulována v rozsahu od 1,0 do 1,8 a obsah oxidu železnatého v tekuté strusce je přednostně omezen na 9 % či méně a dále je přednostně počítáno s 5 % nebo menším množstvím Fe.

Když je dodatečně přidáno uhlíkové redukční činidlo za účelem kompenzace nedostatečnosti tavicí pece obloukového typu, je žádoucí dodat uhlíkové redukční činidlo do zavážecí pozice pevného vyredukovaného železa, neboť takto může redukční tavení probíhat efektivněji.

Množství uhlíkového redukčního činidla aplikovaného dodatečně do tavicí pece obloukového typu je důležité při nastavování obsahu uhlíku v tekutém železe získaném redukčním tavením rozsahu od 1,5 do 4,5 % specifikovaném ve vynálezu. Pro regulaci množství uhlíkového redukčního činidla, jež bude vkládáno dodatečně, se doporučuje následující postup:

- 1) Postup odebrání vzorku tekutého železa v tavicí peci obloukového typu, přímá analýza tekutého železa a řízení přidaného množství uhlíkového redukčního činidla tak, aby obsah uhlíku byl v rozsahu popsaném výše nebo
- 2) postup změření složení a množství výfukových plynů uvolněných z tavicí pece obloukového typu, stanovení obsahu uhlíku v tekutém železe výpočtem na základě ekvivalentního množství kyslíku ve výfukovém plynu vypočítaném z naměřené hodnoty a řízení přidaného množství uhlíkového redukčního činidla.

Hlavní technická vlastnost vynálezu dále spočívá v regulaci obsahu uhlíku v tekutém železe ve výše popsaném rozsahu, takže lze získat tekuté železo s obsahem 0,05 % nebo méně Si, 0,1 % nebo méně Mn, 0,1 % nebo méně P a 0,20 % nebo méně S. Tekuté železo je odsířeno a odfosfořeno postupem, který bude popsán níže. Obsah S je snížen na cca 0,050 % nebo méně a obsah P je snížen na cca 0,040 % nebo méně a lze získat tekuté železo s menším množstvím nečistot, které je vhodné jako surovina pro výrobu oceli v elektrické obloukové peci (zde dále označované jako EAF) nebo v zásadité kyslíkové peci (zde dále zkracované jako BOF).

Pro odsíření a (nebo) odfosfoření se zde ve vynálezu přednostně doporučuje následující postup: přenesení tekutého železa vytvořeného v tavicí peci obloukového typu do oddělené nádoby, odsíření tekutého železa s přidáním vápenného odsířujícího tavidla (nebo vstříknutí společně s plynem) a (nebo) odfosfoření vyfouknutím vápenného tavidla obsahujícího zdroj pevného kyslíku (oxid železnatý atp.) a plynného oxidu.

V postupu podle vynálezu je redukční potenciál při redukci oxidu železnatého, jako jsou železné rudy, nižší v porovnání s výrobou železa ve

vysoké peci a SiO_2 ve složce hlušiny je zformován do strusky jako SiO_2 bez redukce. Jelikož je tedy obsah Si v získaném tekutém železe nízký (0,05 %) nebo nižší, není potřebné žádné zvláštní opatření pro odstranění křemíku. Kromě toho, jelikož je obsah Si v tekutém železe nízký, lze snadno získat tekuté železo s nízkým obsahem P odfosfořením, jak je popsáno výše, aniž by bylo třeba použít určitý předběžný postup pro zbavení křemíku.

Takto získané tekuté železo s menším obsahem nečistot lze dodat v tekutém stavu do EAF nebo BOF umístěnými u materiálu pro výrobu oceli, čímž lze systém uvést do praxe jako kontinuální průběh výroby železa a oceli. Jinak lze vytvořené tekuté železo odstranit mimo pec a kovové železo ochlazené na pevné skupenství dodat do EAF nebo BOF jako materiál pro výrobu oceli. Zejména postup výroby oceli, kdy se dodává tekuté železo při vysoké teplotě s menším množstvím nečistot podle výše uvedeného postupu v tekutém stavu jako materiál pro výrobu oceli do BOF nebo EAF se doporučuje jako nesmírně účinný též z ekonomického hlediska, neboť tepelnou energii tekuté železa lze efektivně využít jako zdroj tepla pro rafinaci.

Přehled obrázků na výkresech

Obrázek 1 znázorňuje typický příklad kontinuálního průběhu redukce vytvarovaného produktu obsahujícího oxid železnatý ve spojení s uhlíkovým materiálem, tavení obloukového typu a výrobu oceli podle vynálezu.

Obrázek 2 vysvětluje charakter redukčního tavení pevného vyredukovaného železa dodaného na tekutou strusku v tavicí peci obloukového typu.

Obrázek 3 je graf, znázorňující příklad vztahu mezi rychlostí redukce a dobou redukce pevného vyredukovaného železa získaného během experimentu.

Obrázek 4 je graf znázorňující příklad vztahu mezi rychlostí redukce a spotřebou energie v obloukové tavicí peci pro pevné vyredukované železo.

Obrázek 5 je graf znázorňující příklad metalizace a jejího rozptýlu v pevném vyredukovaném železe.

Obrázek 6 je graf znázorňující vztah mezi obsahem uhlíku v pevném vyredukovaném železe a oxidem železnatým (T - Fe) v tekuté strusce.

Obrázek 7 je graf, znázorňující vztah mezi rychlostí tavení jednoho kusu pevného vyredukovaného železa a limitní rychlostí tavení při kontinuálním dodávání.

Obrázek 8 je graf znázorňující vztah mezi obsahem uhlíku a poměrem odsíření v tekutém železe.

Obrázek 9 je graf znázorňující vztah mezi zásaditostí a teplotou tavení strusky.

Obrázek 10 je graf znázorňující hmotnost jednoho pevného kusu vyredukovaného železa a měrnou tíhu pevného vyredukovaného železa.

Příklady provedení vynálezu

Celá konstrukce vynálezu bude schematicky popsána prostřednictvím celkového vývojového diagramu znázorňujícího preferované provedení, přičemž budou konkrétně vysvětleny důvody vymezení podmínek při každém kroku.

Obrázek 1 je schematický vývojový diagram znázorňující kontinuální průběh postupu výroby železa a výroby železa/oceli podle vynálezu, kde je znázorněn výrobní úsek materiálu vytvarovaného produktu 1, zařízení na výrobu vyredukovaného železa 2, tavicí pec obloukového typu 3 a pec na výrobu oceli 4. Série kroků znázorněných šipkou A odpovídá výrobě železa (výrobě vyredukovaného železa) a kroky znázorněné šipkou B odpovídají postupu výroby oceli.

Při postupu výroby železa se nejprve vytvářejí vytvarované produkty obsahující oxid železnatý s uhlíkovým materiálem (peletou či briketou) s využitím zdroje oxidu železnatého, jako jsou železné rudy, a práškového uhlíkového redukčního činidla, jako je jemné uhlí nebo koks jako surovina pro výrobní úsek materiálu vytvarovaného produktu 1. Vyroběné vytvarované produkty jsou pak postupně odeslány do výrobního zařízení na vyredukované železo. Jako výrobní zařízení na vyredukované železo 2 lze použít jakékoli zařízení, má-li zařízení funkci zahřívání vytvarovaného produktu obsahujícího oxid železnatý ve spojení s uhlíkovým materiálem (který je zde někdy uváděn jako vytvarovaný produkt) a přípravné redukce složky oxidu železnatého ve vytvarovaném produktu redukční silou uhlíkového materiálu a redukční silou plynu CO vytvořeného spalováním,

přičemž se podstatě zachová pevná fáze v původním stavu. Lze použít např. zařízení mající strukturu rotační pece nebo pece s rotační nístějí. Zařízení 2 je vybaveno dopravním prostředkem pro vytvarované produkty a je též vybaveno tepelným zdrojem, např. hořákem, částí pro spalování uhlíku a volitelně částí pro dodávání redukčního plynu a dále obsahuje teploměr nebo zařízení pro měření teploty tak, aby bylo možno řádně řídit stav předcházející redukce. Obrázek 1 znázorňuje zařízení typu rotační nístěje sloužící pro tepelnou redukci vytvarovaných produktů dodávaných ze vstupní části 2a, přičemž se budou pohybovat spolu s pohybem rotační nístěje a v pevném stavu se odebírají tak, jak přicházejí z následující výstupní části 2b v okamžiku, kdy dosáhnou předem stanoveného redukčního poměru.

Pevné vyredukované železo prošlé redukcí a odebrané z výrobního zařízení na vyredukované železo 2 je dále odesláno bez významného ochlazení do tavicí pece obloukového typu 3, v níž dochází k přípravě tepelné redukce oxidů železa zbývajících ve vytvarovaných produktech v nevyredukovaném stavu a vyredukované železo je současně roztaveno. Protože pevné vyredukované železo odebrané z výrobního zařízení na vyredukované železo 2 obvykle dosáhne teploty 700 až 1300°C a toto teplo je využito jako zdroj tepla pro tavicí pec obloukového typu 3, může takto napomáhat ke snížení spotřeby energie v tavicí peci.

Zde používaná tavicí pec obloukového typu 3 slouží k zahřívání tekutého železa bez vynuceného pohybu při využití obloukového zahřívání a k efektivní přípravě redukce a tavení při současném omezení eroze žáruvzdorného materiálu ve vyzdívce do nejvyšší možné míry, přičemž ponořený oblouk vzniká na základě vložení elektrod 3a do strusky plovoucí na tekutém železe v tavicí peci 3 a takto indukovaným elektrickým proudem. Dále je do blízkosti části obloukového ohřívání (tzn. do úseku vkládání elektrody 3a) umístěn vstupní úsek pro materiál 3b (pevné vyredukované železo), takže pevné vyredukované železo dodané do tavicí pece obloukového typu 3 je rychle redukováno a roztaveno vlivem obloukového zahřívání. Pak je umístěn další vstupní úsek 3c pro uhlíkové redukční činidlo tak, že je protilehlá k poloze dodávání pevného vyredukovaného železa.

Pak se v tavicí peci obloukového typu 3 vytvoří redukcí a roztavením dodaného pevného vyredukovaného železa A tekuté železo (někdy též

označované jako tekutý kov nebo tekuté železo), které je dále spojeno a sloučeno s již vzniklým tekutým železem, a prvky hlušiny vyskytující se v pevném vyredukovaném železe A se zformují do tekuté strusky a spojí se s tekutou struskou plovoucí na tekutém železe. V okamžiku, kdy se tedy v tavicí peci obloukového typu 3 nahromadí předem stanovené množství tekutého železa a tekuté strusky, může být tekuté železo postupně odčerpáno ze spodní polohy boční stěny tavicí pece 3 nebo může být tekutá struska řádně odčerpána z polohy poněkud nad hranicí mezi tekutou struskou a tekutým železem.

Takto získané tekuté železo je po vyčištění, tj. podle potřeby odsíření a odfosfoření, odesláno do pece na výrobu oceli 4 jako materiál pro výrobu oceli. Jako pec na výrobu oceli 4 se používá EAF 4a nebo BOF 4b, v nichž se provádí tavení v příměsí s železným odpadem či surovým železem. V tomto případě se z hlediska tepelné účinnosti nejvíce preferuje, je-li pec na oceli 4 umístěna vedle tavicí pece obloukového typu 3, neboť tekuté železo při vysoké teplotě lze takto dodávat bez významného snížení teploty jako materiál pro pec na výrobu oceli 4, čímž lze využít teplo tekutého železa v tomto stavu jako zdroj tepla pro tavení. V závislosti na povrchu lze tekuté železo získané v tavicí peci obloukového typu 3 dodat do lící formy atp., ochladit za účelem ztuhnutí a vytvarovat do formy komerčního zboží jako mezisurovina pro výrobu oceli nebo je lze poslat jako materiál pro výrobu oceli do pece na výrobu oceli na vzdáleném místě.

Protože tekuté železo získané podle vynálezu obsahuje méně kovových nečistot v porovnání s výše popsaným odpadem, lze jej účinně využít jako ředidlo pro kovové nečistoty v odpadech, kombinuje-li se v přiměřeném množství s odpady.

Základní kroky vynálezu jsou popsány výše a pro úspěšnou aplikaci těchto kroků v průmyslu je nesmírně důležité regulovat metalizaci pevného vyredukovaného železa, obsah uhlíku v pevném vyredukovaném železe a měrnou tíhu pevného vyredukovaného železa ve výrobním zařízení na vyredukované železo a je též nesmírně důležité správně regulovat obsah uhlíku v tekutém železe vytvořeném redukčním tavením v tavicí peci obloukového typu 3. Konkrétní popis bude uveden.

Nejprve, když jsou vytvořeny vytvarované produkty obsahující oxid železnatý dodávané do výrobního zařízení na vyredukované železo 2, smíchá se zdroj oxidu železnatého, jako je nap. železná ruda, a každé z práškových

uhlíkových redukčních činidel, uhlí nebo koks, jakožto tvarovací materiál, volitelně s přiměřeným množstvím pojiva, smíchané produkty jsou vytvářeny pomocí zvoleného paletizačního zařízení nebo peletizéru do volitelného tvaru i jsou podrobeny přípravnému spékání podle potřeby a použití. Pro výrobu vytvářených produktů je žádoucí efektivně provést fázi předcházející redukci ve výrobním zařízení pro vyredukované železo 2, smíchat uhlíkové redukční činidlo potřebné k získání cílového množství reziduálního uhlíku spolu se zdrojem oxidu železnatého při uvážení teoretického ekvivalentního množství potřebného pro redukci oxidu železnatého a vlastnostech redukční reakce výrobního zařízení na vyredukované železo. K získání pevného redukčního železa s "metalizací 60% nebo vyšší", což je důležité pro stabilní průběh postupu podle vynálezu, je přimíchán uhlíkový materiál potřebný k dosažení získání předem stanovené cílové metalizace, čímž lze řádně řídit atmosférickou teplotu a dobu reakce v redukční peci.

Ve vynálezu je poté důležitým faktorem přípravná metalizace pevného vyredukovaného železa získaného v kroku přípravné redukce ve výrobním zařízení na vyredukované železo 2 o hodnotě 60 % nebo vyšší. To znamená, že pro efektivní a stabilní vedení a kontinuální průběh přípravné redukce výrobním zařízením na vyredukované železo 2 až po redukci tavením v tavicí peci obloukového typu 3 v následujícím kroku je nutné minimalizovat rozptyl metalizace pevného vyredukovaného železa dodávaného z výrobního zařízení na vyredukované železo 2 do tavicí pece obloukového typu 3. Je-li metalizace do velké míry variabilní, je obtížné řídit provozní podmínky, jako je např. dodatečné vkládání uhlíkového redukčního do tavicí pece 3, i provozní podmínky typu tepelných poměrů, a tím se ztěžuje rychlé redukční tavení pevného vyredukovaného železa, ale vzniká též problém s řízením obsahu uhlíku v tekutém železe.

To znamená, že je-li metalizace pevného vyredukovaného železa dodávaného do tavicí pece obloukového typu 3 rovna 60 % či je-li nižší, musí být do tavicí pece 3 přiváděno velké množství tepla za účelem kompenzace tepla potřebného pro redukci (endotermická reakce) nevyredukovaného oxidu železnatého zbývajících v pevném vyredukovaném železe. Konkrétně musí být na elektrodu při obloukovém zahřívání přiváděno velké množství elektrické energie, což podstatně zvyšuje redukční zátěž na tavicí povrch, jelikož vzrůstá

eroze žáruvzdorného materiálu ve vyzdívice v tavicím povrchu, což má za následek dramatické zkrácení životnosti tavicí pece 3, a proto je obtížné toto aplikovat v průmyslové praxi. Zvýšili se však metalizace pevného vyredukovaného železa na 60 % či více, přednostně na 70 % a výše, není na tavicí pec obloukového typu 3 kladena žádná nadbytečná zátěž, je možno se vyhnout následujícím problémům a lze řídit hladký průběh redukčního tavení.

Neexistují žádná specifická omezení konkrétních prostředků ke zvyšování metalizace pevného vyredukovaného železa, získaného ve výrobním zařízení na vyredukované železo 2 na 60 % a více. Toho lze dosáhnout správným řízením množství příměsí uhlíkového redukčního činidla při výrobě vytvarovaných produktů (ekvivalentní poměr vzhledem ke složce oxidu železnatého) a podmínek přípravné redukce ve výrobním zařízení na vyredukované železo 2 (teploty, redukčního potenciálu, doby zpracování atp.). Pokud se jedná o podmínky, když je předem prověřen v přípravném experimentu vztah mezi podmínkami a metalizací, a toto je aplikováno na skutečný provoz, lze snadno zajistit předem stanovenou metalizaci bez významného rozptylu.

Dále je pro pevné vyredukované železo dodávané do tavicí pece obloukového typu 3 důležité regulovat měrnou tíhu pevného vyredukovaného železa, aby měla hodnotu 1,7 nebo více, a obsah uhlíku v pevném vyredukovaném železe byl 50 % či více vzhledem k teoretickému ekvivalentnímu množství potřebnému k redukci oxidu železnatého zbývajícího v pevném vyredukovaném železe.

Důvody vymezení výše zmíněných faktorů jsou popsány níže. Pevné vyredukované železo A, které má být vsazeno do tavicí pece obloukového typu 3, je položeno např. tak, jak ukazuje obrázek 3 (schematické znázornění), na tekutou strusku S již vytvořenou v tavicí peci 3 a plovoucí na tekutém kovu. Pro rychlou přípravu redukce účinným zahřátím pevného vyredukovaného železa A obloukovým zahříváním je nutné, aby pevné vyredukované železo A bylo ponořeno v tekuté strusce S a přijímalo teplo z celého povrchu. Různé experimenty potvrdily, že pak se pevné vyredukované železo rychle ponoří do tekuté strusky a redukce může rychle pokračovat tím, že se měrná tíha pevného vyredukovaného železa A nastaví na hodnotu 1,7 nebo větší, a obsah uhlíku v pevném vyredukovaném železe A bude 50 % nebo vyšší vzhledem k

požadovanému teoretickému množství pro redukci oxidu železnatého zbývajících v pevném vyredukovaném železe A.

Měrná tíha strusky je obecně asi 2,4 až 2,7 a důvod, proč se pevné vyredukované železo A s měrnou tíhou asi 1,8 ponoří do tekuté strusky S je uveden níže. Konkrétně platí, že pevné vyredukované železo A dodané do tekuté strusky S v tavicí peci \exists přijímá teplo z povrchu tekuté strusky S a na okraji pevného vyredukovaného železa A se redukční reakcí uvolní větší množství plynného CO a menší množství CO₂, což je vyvoláno uhlíkovým redukčním činidlem zůstávajícím uvnitř, poté se plyny smíchají v tekuté strusce S do pěnové formy, dochází k vyfukování (viz obr. 2A) a snížení měrné tíhy tekuté strusky S. Jak se pak pevné vyredukované železo A dále ponořuje do tekuté strusky S (obr. 2B), množství plynu generované z pevného vyredukovaného železa A se dále zvyšuje, a protože se dále zvyšuje množství plynu uvolněného z pevného vyredukovaného železa A, dochází k dalšímu rychlému vyfukování, čímž se zrychluje vyfukování tekuté strusky S. Měrná tíha dále klesá a pevné vyredukované železo A se více ponořuje do tekuté strusky S. V okamžiku poté, co se pevné vyredukované železo A zcela potopí do strusky S, bude teplo přijímáno celým povrchem vyredukovaného železa A (obr. 2C) a dojde k rychlé redukci a roztavení pevného vyredukovaného železa A. Tekuté železo se pak postupně přechází na tekuté železo Fe a složky strusky jako vedlejší produkt na tekutou strusku S.

V tomto případě, je-li měrná tíha pevného vyredukovaného železa menší než 1,7, nebude se pevné vyredukované železo A položené na tekutou strusku S v tavicí peci \exists dále ponořovat do tekuté strusky S, bude však v tomto stavu na tekuté strusce S plovat, jak ukazuje obrázek 2A. Tím se zmenší dotyková plocha s tekutým železem S, a sníží se tak tepelná účinnost a zkrátí se rychlost redukční reakce a zpracování tedy bude trvat déle. V důsledku toho podstatně poklesne produktivita a je obtížné tento proces prakticky aplikovat z technického i ekonomického hlediska.

Je-li naopak měrná tíha pevného vyredukovaného železa A rovna 1,7 nebo je větší, přednostně 1,8 či větší, nebo ještě lépe 1,9 či vyšší, ponoří se pevné vyredukované železo A položené na roztavenou strusku S do tekuté strusky S v důsledku rozdílu měrné tíhy v nesmírně krátkém okamžiku, jak ukazují obrázky 2B, 2C. Bude přijímat teplo tekuté strusky S po celém povrchu a

dojde k rychlé redukci, takže se podstatně zvýší účinnost redukce a redukční reakce proběhne rychle. Množství oxidu železnatého roztaveného v tekuté strusce S je také minimalizováno a lze též minimalizovat erozi žáruvzdorných materiálů ve vyzdívce.

Pro účinnost redukce pevného vyredukovaného železa A je, velice důležitá účinnost vedení tepla obloukového zahřívání, přenášeného tekutou struskou S, jak je popsáno výše. I když je měrná tíha přiměřená, je-li množství uhlíkového redukčního činidla obsaženého v pevném vyredukovaném železe A nedostatečné, nelze provést uspokojivou redukci. V tavicí peci 3 je také možné dodatečně přidat uhlíkové redukční činidlo potřebné pro redukci odděleně od pevného vyredukovaného železa A, ale uhlíkové redukční činidlo přidané dodatečně je v podstatě dodáváno na okraj vyredukovaného železa A. Dávka tedy nezasahuje dovnitř pevného vyredukovaného železa A, takže pokud není pevné vyredukované železo A roztaveno, nelze efektivně dosáhnout redukční síly a redukční rychlosti v pevném vyredukovaném železe A závisí na množství uhlíkového redukčního činidla, které je přítomno v pevném vyredukovaném železe A.

Z hlediska popsaného výše byly studii množství uhlíkového redukčního činidla obsaženého v pevném vyredukovaném železe A zjištěny další faktory pro účinné zpracování tepelné redukce pevného vyredukovaného železa A dodaného do tavicí pece 3 v krátkém časovém okamžiku: redukce oxidu železnatého v pevném vyredukovaném železe A postupuje rychle přijetím vnějšího tepla za účelem dosažení vysoké účinnosti redukce a tavení, jestliže je obsah uhlíku v pevném vyredukovaném železe A vymezen na 50 % nebo více, lépe 70 % nebo více, vzhledem k teoretickému ekvivalentnímu množství potřebnému k redukci oxidů železa zůstávajících v pevném vyredukovaném železe A.

Volitelně se definuje obsah uhlíku jako 100 % nebo vyšší. Avšak potvrdilo se, že je-li obsah uhlíku cca 50 %, jen zřídka dochází v praxi k problémům s jeho nedostatkem, protože oxid železnatý, které v nevyredukovaném stavu vyplave při tavení pevného vyredukovaného železa A, se při nedostatku uhlíkové složky rychle redukuje po dalším dodání uhlíkového redukčního činidla. Pokud je tedy obsah uhlíku v pevném nevyredukovaném železe A dodávaném do tavicí pece obloukového typu pro teoreticky ekvivalentní složku potřebnou pro redukci oxidu

železnatého zbývajícího v nevyredukováném stavu menší než 100 %, lze obsah železa při jeho nedostatečnosti doplnit dodatečně jako uhlíkové redukční činidlo v blízkosti části, kde se dodává pevné vyredukované železo A.

Protože měrná tíha pevného vyredukováného železa vyrobeného v zařízení na výrobu pevného vyredukováného železa se liší v závislosti na vlastnostech a směsném poměru suroviny dodávané do výrobního zařízení na vyredukované železo a redukčních podmínkách ve výrobním zařízení na vyredukované železo (zejména atmosférické teplotě a času), vztah mezi podmínkami a měrnou tíhou je předem potvrzen přípravným experimentem, na jehož základě lze nastavit vhodné podmínky.

Dále lze přizpůsobit zbytkové množství uhlíku v pevném vyredukováném železe úplnou analýzou redukčních vlastností ve výrobním zařízení na vyredukované železo, stanovením množství směsi při posouzení vlastností redukční reakce na základě druhu a složení materiálů směsi a správnou regulací podmínek pro redukci (teploty, času, složení atmosférického plynu).

Pak je třeba vysvětlit, proč se obsah uhlíku v tekutém železe A získaném v tavicí peci obloukového typu 3 stanovuje v rozsahu od 1,5 do 4,5 %.

V případě vyredukováného železa vyrobeného z vytvarovaných produktů s obsahem oxidu železnatého spolu s uhlíkovým redukčním činidlem zůstane obvykle ve vyredukováném železe asi 70 % obsahu síry obsažené v uhlíkovém redukčním činidle, jako je např. uhlí. Když je pak v tavicí peci vyredukované železo roztaveno, zejména je-li roztaveno vyredukované železo s nízkou metalizací, v tavicí peci obvykle nedochází k odsíření, takže většina síry obsažené v tavicí peci přechází do tekutého železa, čímž vzniká tekuté železo s vysokým obsahem S.

Obsah síry v tekutém železe lze odstranit po odčerpání z tavicí pece v lící pánvi zejména s využitím vápnatého tavidla. Je-li však obsah uhlíku (C) v tekutém železe menší než 1,5 %, zvýší se hladina obsahu kyslíku O přítomného v rovnovážném stavu v tekutém železe a značně poklesne účinnost následujícího odsíření. Aby tedy vzrostla účinnost odsíření a bylo možno vyrobit tekuté železo s nízkým obsahem S, je nutné zvýšit obsah (C) v tekutém železe vytvořeném v tavicí peci obloukového typu 3 na 1,5 % nebo více. Avšak (C) v tekutém železe je v podstatě saturováno kolem 4,5 % a pro stabilní získávání tekutého železa se saturovaným (C) je nutné dodat do tavicí pece velký nadbytek uhlíkového

redukčního činidla. Ve strusce v peci je pak vždy přítomno uhlíkové redukční činidlo v množství asi 10 % či větším, což zvyšuje náklady na uhlíkové redukční činidlo a při následujícím tavení roste dekarbonizační zátěž, což není žádoucí. Ke zvýšení operační stability je nejvíce preferována dolní hranice obsahu uhlíku v tekutém železe ve výši 2,0 %, zatímco preferovaná horní hranice je 3,5 %.

Neexistuje žádné zvláštní omezení konkrétního postupu regulace obsahu uhlíku v tekutém železe vytvořeném tavicí pecí obloukového typu 3 v rozsahu 1,5 až 4,5 % popsaném výše. Je možné předem stanovit optimální podmínky pro zajištění obsahu uhlíku přípravným experimentem (množství uhlíkového materiálu použitého při výrobě vytvarovaných produktů, podmínky přípravné redukce ve výrobním zařízení na vyredukované železo, množství dalšího dodávaného uhlíkového redukčního činidla a provozní podmínky v tavicí peci obloukového typu) a řídit celou operaci v takto stanovených podmínkách. Kvalita zdroje oxidu železnatého a uhlíkového redukčního činidla jako suroviny pro tvarované produkty však není vždy stabilní, ale obvykle značně kolísá, takže je žádoucí aplikovat např. následující postupy, jimiž lze získat tekuté železo se stabilním obsahem uhlíku v přiměřeném rozsahu nezávisle na tomto faktoru fluktuace.

1. Postup odebrání vzorku tekutého železa v tavicí peci obloukového typu, regulace přidaného množství uhlíkového redukčního činidla na základě analýzy tekutého železa a skutečné změření obsahu uhlíku v tekutém železe.
2. Postup změření složení a množství výfukových plynů z tavicí pece obloukového typu, stanovení obsahu uhlíku v tekutém železe na základě ekvivalentního množství kyslíku ve výfukových plynech vypočítaného ze změřené hodnoty stanoveného výpočtem a regulací množství uhlíkového redukčního činidla, které bude přidáno dodatečně podle obsahu uhlíku.

Když je pevné vyredukované železo vyredukováno a současně roztaveno v tavicí peci obloukového typu, tekutá struska vzniklá na složce hlušiny v pevném vyredukovaném železe plove na tekutém železe. V praxi je velmi účinné vhodně regulovat zásaditost a obsah železa v tekuté strusce za účelem zvýšení efektivity redukce a separace tekuté strusky v tavicí peci a potlačení eroze žáruvzdorných materiálů v tavicí peci. Při aplikaci vynálezu v praxi je žádoucí, aby byla zásaditost tekuté strusky regulována v rozsahu 1,0 až 1,8 (více preferována je spodní hranice 1,1 a horní hranice 1,5). Celkový obsah železa (zde zkrácováno

jako T-Fe), tzn. celkové množství obsahu železa přítomného ve formě oxidu železnatého v tekuté strusce, je řízen tak, aby dosáhl 9 % či nižší hodnoty, raději však 5 % či nižší hodnoty.

Zásaditost strusky je jednou ze základních a typických vlastností charakterizujících vlastnosti strusky a reprezentuje ji poměr CaO a SiO_2 jako typických složek obsažených v tekuté strusce, konkrétně $(\text{CaO})(\text{SiO}_2)$. Přesáhne-li zásaditost tekuté strusky 1,8, vzroste rychle bod tavení strusky, čímž se sníží tekutost a vazkost přípravné redukce a pokud se teplota tekuté strusky záměrně nezvyšuje, je tavení v tavicí peci. Dále platí, že je-li zásaditost menší než 1,0, bude docházet k rozsáhlé erozi žáruvzdorných materiálů ve vyzdívce. Eroze žáruvzdorných materiálů ve vyzdívce tavicí pece také roste s tím, jak se v tekuté strusce zvyšuje množství oxidu železnatého. Tento trend se evidentně vyvíjí, přesáhne-li (T-Fe) tekuté strusky 9 %. Aby tedy redukce a tavení pevného vyredukovaného železa v tavicí peci proběhlo efektivně v krátkém časovém intervalu a prodloužila se životnost tavicí pece při minimalizaci eroze žáruvzdorných materiálů ve vyzdívce tavicí pece, je žádoucí správné odebrání vzorku tekuté strusky v průběhu kroku redukčního tavení pevného vyredukovaného železa v tavicí peci obloukového typu, změření zásaditosti a množství (T-Fe), správné řízení zásaditosti strusky ve vhodném rozsahu dodáváním činidel určených k regulaci zásaditosti strusky (CaO nebo SiO_2) nebo regulace množství přidávaného uhlíkového redukčního činidla k potlačení množství (T-Fe) v tekuté strusce.

Redukcí a roztavením v tavicí peci obloukového typu 3, jak je popsáno výše, lze získat tekuté železo s obsahem uhlíku 1,5 až 4,5 % a obsahem Si asi 0,05 % či nižším. Poněkud odlišně, v závislosti na obsahu (C) v tekutém železe, lze tekuté železo v tekutém stavu dodávat do tavicí pece na výrobu oceli, např. EAF nebo BOF, při teplotě asi 1350°C či vyšší, nebo je lze vyjmout do formy a ochladit tak, aby ztuhlo, a využít jako meziproduct pro výrobu oceli, jak vysvětluje odkaz na obrázek 1. Protože však při výše uvedeném postupu bude v tekutém železe obsaženo příliš mnoho síry a fosforu, je žádoucí tuto síru a fosfor před fází výroby oceli odstranit.

Jako preferovaný postup odsíření aplikovaný v tomto případě lze zmínit např. metodu odčerpání tekutého železa vyrobeného v tavicí peci 3 do lící pánve atp., přičemž se za účelem odsíření dodává vápenné tavidlo přednostně tak, že se

vstříkne společně s inertním plynem do tekutého železa, přičemž se použije foukací přívodní trubka ponořená tak, aby tavidlo zachycovalo síru, která se pak oddělí a odstraní jako struska na tekutém železe. Dále lze jako preferovaný postup odsíření zmínit např. postup, kdy se dodává pevný zdroj kyslíku (oxidu železnatého atp.) nebo plynný zdroj kyslíku (kyslíku jako takového, vzduchu atp.) spolu s vápniťm tavidlem do tekutého železa odčerpaného do lící pánve atp., složka fosforu se přednostně okyslíčí, zachytí tavidlem a pak bude plovat na tekutém železe za účelem separace. Na výše popsaný postup odsíření a odfosfoření nejsou kladena žádná zvláštní omezení, je však samozřejmě možné aplikovat jiné známé postupy odsíření a odfosfoření. Preferuje se však použití druhého z uvedených postupů odfosfoření, protože obsah (Si) v tekutém železe vzniklém v tavicí peci je na rozdíl od surového železa pouze 0,05 % či nižší, jak je popsáno výše, a lze zajistit vysokou rychlost odfosfoření bez speciálního odstraňování křemíku.

Výše popsaným postupem odsíření a odfosfoření lze docílit tekutého železa vysoké čistoty, které obsahuje 1,5 až 4,5 % (C), asi 0,05 % nebo nižší procento (Si), asi 0,1 % nebo nižší procento (Mn), asi 0,05 % nebo nižší procento (S), asi 0,04 % nebo nižší procento (P) a v podstatě rovnováhu Fe, jehož lze využít nesmírně efektivně jako surovinu na výrobu oceli. Zejména proto, že tekuté železo, získané tímto postupem vyniká vysokou čistotou s velmi nízkým obsahem kovových složek ve formě nečistot, pak využívá-li se jako materiál pro výrobu oceli, např. ve 20 až 50 % spolu s dalšími zdroji železa (odpadového nebo čistého železa), působí jako ředidlo pro kovové složky nečistot pronikající z odpadu, čímž lze získat ocel s nižším obsahem kovových složek nečistot. Je samozřejmé, že poměr vyredukovaného železa, jež bude použito v této kombinaci lze zvolit z výše uvedeného rozsahu v závislosti na obsahu kovových složek nečistot v odpadech, s nimiž bude používáno. K vytvoření oceli o vysoké čistotě je také možno použít 100 % vyredukovaného železa a dále budou v konečné fázi kroku výroby ocele dodávány další kovové složky s využitím EAF či BOF k produkci ocelových slitin .

V každém případě platí, že jelikož vyredukované železo, získané postupem podle vynálezu má tu stěžejní vlastnost, že obsah kovových nečistot je extrémně nízký, lze toto obecně aplikovat při výrobě oceli nebo různých druhů ocelových slitin s využitím výhod daných těmito vlastnostmi.

Pak bude uveden podrobnější popis na základě stanovení "metalizace pevného vyredukovaného železa: 60 % nebo vyšší", "obsahu uhlíku v pevném vyredukovaném železe: 50 % nebo více teoreticky ekvivalentního množství potřebného k redukci oxidu železnatého zbývajícího v pevném vyredukovaném železe" (zde někdy označovaného jako obsah uhlíku pro redukční ekvivalentní množství FeO), "měrné tíhy pevného vyredukovaného železa: 1,7 nebo vyšší" a "obsahu uhlíku v roztaveném železe vyrobeném v tavicí peci obloukového typu: 1,5 % až 4,5 %".

Základ pro stanovení "metalizace pevného vyredukovaného železa: 60 % nebo vyšší"

Křivka metalizace pevného vyredukovaného železa vyrobeného ve výrobním zařízení na pevné vyredukované železo se přirozeně různí v závislosti na složení a směsném poměru suroviny oxidu železnatého a uhlíkového redukčního činidla, které budou smíchávány, a dále na podmínkách redukce. Křivka metalizace má např. průběh znázorněný na obrázku 3.

Na křivce 1 na obrázku 3 znázorňuje bod A bod metalizace 76 % a zbytkového množství 4,8 % uhlíku a bod B znázorňuje bod metalizace 85 % a zbytkového množství 1,6 % uhlíku. Zbytkové množství uhlíku je v bodě A rovno 142 % a v bodě B je 63,5 % vzhledem k obsahu uhlíku redukčního ekvivalentu FeO a zbytkové množství uhlíku klesá se snižováním redukční doby. Křivka 2 na obrázku 3 je příkladem restrikce metalizace pevného vyredukovaného železa změnou směsného poměru surovin. V každém případě metalizace rychle roste v první řadě s průběhem doby redukce a růstová křivka se mění, jak se s průběhem času zvyšuje metalizace.

V kontinuálním procesu výroby pevného vyredukovaného železa a jeho redukčního tavení aplikovaného ve vynálezu má metalizace pevného vyredukovaného železa vzniklého ve výrobním zařízení na pevné vyredukované železo významný účinek na práci tavicí pece obloukového typu (dále označovanou jako obloukovou tavicí pec). Např. na obrázku 4 je graf znázorňující vztah mezi metalizací pevného vyredukovaného železa a spotřebou energie v redukčním tavení oxidu železnatého v obloukové tavicí peci. Při kontinuální práci výrobního zařízení na vyredukované železo a obloukové tavicí pece je důležité zajistit stabilitu fungování obloukové tavicí pece. Jak se zvyšuje

elektrický příkon obloukové tavicí pece, roste i tepelná zátěž elektrody a zvyšují se tepelné šoky působící na žáruvzdorné materiály ve vyzdívce tavicího povrchu. Proto je třeba zvýšit velikost tělesa pece, aby se zmírnily tepelné šoky na zařízení elektrod a stěnu pece, což je z praktického i ekonomického hlediska nevhodné.

V obvyklé peci obloukového typu se tento problém zřetelně projeví, přesáhne-li energetická spotřeba 800 kWh/tmi. Aby bylo tedy možné eliminovat výše uvedený problém, je metalizace pevného vyredukovaného železa dodávaného do obloukové tavicí pece regulována tak, aby činila 60 % nebo více, lépe však 70 % nebo více.

Rozptyl metalizace pevného vyredukovaného železa vyrobeného ve výrobním zařízení na vyredukované železo dále značně trpí vlivem absolutní hodnoty metalizace a rozptyl se zvyšuje s společně s tím, jak klesá metalizace. Na obrázku 5 je graf, znázorňující výsledek studie metalizace pevného vyredukovaného železa se střední hodnotou metalizace 62,8 % a 80,2 %. Lze potvrdit, že rozptyl je znatelný s tím, jak klesá metalizace. V praxi, protože cílená metalizace je při zvětšování rozptylu při metalizaci sama o sobě nestabilní, je důležité k zajištění stabilní cílové metalizace stanovit vyšší metalizaci. V důsledku různých experimentů bylo potvrzeno, že střední hodnota metalizace by měla být 60 % či vyšší, lépe však 70% či vyšší, aby se omezil rozptyl metalizaci v míře, kdy je možno skutečné fungování.

Základ pro stanovení "obsahu uhlíku v pevném vyredukovaném železe: 50 % nebo více obsahu uhlíku pro redukční ekvivalentní množství FeO"

Na obrázku 6 je graf znázorňující výsledek studující vztah mezi obsahem uhlíku pro redukční ekvivalentní množství FeO v pevném vyredukovaném železe a obsahem uhlíku v tekuté strusce, což se týká pevného vyredukovaného železa vyrobeného za různých podmínek. V tomto experimentu se používá pevné vyredukované železo s metalizací od 78 do 82 %, mající různá množství uhlíku redukčního ekvivalentního množství FeO a obsah oxidu železnatého (T-Fe) v tekuté strusce při tavení užitím 20- tunové EAF. Jak vyplývá také z obrázku, lze potvrdit, že když je v pevném vyredukovaném železe obsah uhlíku odpovídající redukčnímu ekvivalentnímu množství FeO (teoretické ekvivalentní množství uhlíku pro redukci neredukovaného oxidu železnatého), (T-Fe) v tekutém železe

je omezeno na nízkou hodnotu, zatímco když je obsah uhlíku menší než 50 % obsahu uhlíku pro redukční ekvivalentní množství FeO (množství uhlíku pro redukční ekvivalentní množství FeO x 0,5), poroste rychle (T-Fe) v tekuté strusce, čímž se výrazně projeví eroze žáruvzdorných součástí ve vyzdívce. Pro minimalizaci eroze žáruvzdorných součástí ve vyzdívce k zajištění stabilního fungování by měl obsah uhlíku v pevném vyredukovaném železe činit 50 % nebo více obsahu uhlíku pro redukční ekvivalentní množství FeO.

V tomto experimentu je pro regulaci obsahu uhlíku v tekutém železe vyrobeném v obloukové tavicí peci v rozsahu od 2,1 do 2,4 do obloukové tavicí pece dodatečně přidán uhlíkový materiál, čímž se vyrovná jeho nedostatek. Obsah (T-Fe) v tekuté strusce však nelze dostatečně redukovat, pokud zbytkové množství uhlíku v pevném vyredukovaném železe nedosáhne 50 % nebo vyššího procenta množství uhlíku pro redukční ekvivalentní množství FeO, a to v podstatě nezávisle na tomto množství přidaného uhlíkového materiálu. Lze samozřejmě považovat za možné redukovat (T-Fe) v tekuté strusce dalším dodáním uhlíkového materiálu v množstvím dostatečném k zajištění obsahu uhlíku redukčního ekvivalentního množství a cílového množství uhlíku v pevném vyredukovaném železe do oxidu železnatého zbývajícího v pevném vyredukovaném železe. Je však nesmírně obtížné udržet konstantní hodnotu obsahu uhlíku v tekutém železe, aby byla menší než nasycené množství uhlíku. Obsah uhlíku v tekutém železe se zvyšuje postupně s průběhem doby zpracování, a proto není možné získat tekuté železo se zamýšleným množstvím uhlíku, což je nežádoucí.

Základ pro stanovení "měrné tíhy pevného vyredukovaného železa: 1,7 či vyšší"

V případě aplikace postupu podle vynálezu k získání pevného vyredukovaného železa přípravnou redukcí vytvarovaného produktu z oxidu železnatého s uhlíkovým materiálem v pevném stavu je měrná tíha pevného vyredukovaného železa podstatně nižší v porovnání s měrnou tíhou železa z přípravné redukce vytvořeného např. postupem MIDREX. Důvodem je to, že uvnitř každého z vytvarovaných produktů se při míchání uhlíkového materiálu s dalším materiálem v přípravné redukcí tvoří značné dutiny.

Na druhé straně však, jak znázorňuje např. obrázek 2, se účinnost redukce a tavení pevného vyredukovaného železa při redukcí a tavení pevného

vyredukovaného železa v obloukové peci zvyšuje tak, že pevné vyredukované železo dodané do obloukové tavicí pece se rychle potopí do tekuté strusky na tekutém železe a účinně přijímá teplo oblouků po celém povrchu. Z tohoto hlediska má měrná tíha pevného vyredukovaného železa velký efekt. Na obrázku 7 je graf znázorňující prověřování účinku měrné tíhy pevného vyredukovaného železa na rychlost redukce a tavení při provádění redukce a tavení v obloukové tavicí peci užitím pevného vyredukovaného železa s měrnou tíhou od 1,60 do 1,75 (průměrná měrná tíha: 1,65) a od 1,8 do 2,3 (průměrná měrná tíha: 2,1), kde vodorovná osa představuje rychlost tavení, když jednotlivé kusy pevného vyredukovaného železa jsou dodávány na tekutou strusku samostatně a svislá osa představuje mezní rychlost tavení, při níž lze jednotlivé kusy pevného vyredukovaného železa pro redukční tavení dodávat kontinuálně.

Jak je zřejmé z obrázku, v případě pevného vyredukovaného železa se střední měrnou tíhou 1,65, je-li pevné vyredukované železo na tekutou strusku vkládáno kontinuálně, není pozorován jev ponořování pevného vyredukovaného železa do tekuté strusky, dojde však k redukci většiny pevného vyredukovaného železa a tavení na povrchu tekuté strusky. Rychlost tavení při kontinuálním odebrání pevného vyredukovaného železa je tedy asi 100-násobná v porovnání s tím, když je pevné vyredukované železo dodáváno jednotlivě. Při této rychlosti tavení nelze v praxi provádět redukci a tavení kontinuálním dodáváním. A naopak, pro pevné vyredukované železo se střední měrnou tíhou 2,1 se pevné vyredukované železo položené na tekutou strusku rychle potopí do strusky a bude účinně probíhat redukce a tavení, takže rychlost tavení se při kontinuálním dodávání pevného vyredukovaného železa rychle zvýší v porovnání se samostatným dodáváním, a lze tak docílit asi 300-násobné rychlosti kontinuálního tavení. Při této hodnotě rychlosti tavení lze kontinuální redukční tavení účinně prakticky aplikovat v průmyslové sféře.

Pokud se jedná o účinek měrné tíhy pevného vyredukovaného železa, změní se situace v souvislosti s tavením významně pro střední měrnou tíhu 1,7 jako hraniční hodnotu, při níž dojde k rychlé změně rychlosti kontinuálního tavení. Je-li pak střední měrná tíha menší než 1,7, nelze dosáhnout rychlosti tavení uspokojující potřeby kontinuálního provozu v průmyslové sféře a rychlost tavení postačující k vedení kontinuálního provozu lze zajistit, když je střední měrná tíha 1,7 nebo vyšší, přednostně 1,9 nebo vyšší.

Základ pro stanovení obsahu uhlíku v tekutém železe vyrobeném v tavicí peci obloukového typu: 1,5 % - 4,5 %

Obecně existuje těsný vztah mezi množstvím uhlíku a rozpuštěným množstvím kyslíku v tekutém železe. Množství rozpuštěného kyslíku v tekutém železe se zvyšuje s tím, jak klesá obsah uhlíku v tekutém železe. Když je tedy množství rozpuštěného kyslíku vyšší, je vyšší i kyslíkový potenciál v tekutém železe, což představuje nevýhodu pro odsíření. Spolu s tím se také zvyšuje kyslíkový potenciál tekuté strusky v rovnováze s tekutým železem a roste obsah FeO v tekuté strusce a reaktivita se žáruvzdorným materiálem, čímž dochází k velké erozi žáruvzdorného materiálu ve vyzdívce tavicí pece. Proto je třeba stanovit poněkud vyšší obsah uhlíku v tekutém železe za účelem zvýšení poměru odsíření při provádění odsíření a potlačení eroze žáruvzdorných materiálů ve vyzdívce tavicí pece, aby se tak prodloužila její životnost.

Na obrázku 8 je graf souhrnně znázorňující vztahy mezi obsahem uhlíku a poměrem odsíření v tekutém železe získané na základě různých experimentů. V tomto experimentu se používá metoda vstříknutí CaO jako odsiřovacího činidla do tekutého železa v lící pánvi a data odpovídající situaci, kdy je konstantní spotřeba odsiřovacího činidla. Jak vyplývá z obrázku, je-li obsah uhlíku v tekutém železe nižší než 1,5 %, je třeba k zajištění cíleného poměru odsíření vstříknout odsiřovací činidla. V důsledku toho se do strusky dostává velké množství kovového železa, a tímto velkým množstvím se zvyšuje ztráta železa. To znamená, že aby bylo možno vynález prakticky realizovat, je také třeba zvážit další problémy, jako je např. zpracování strusky po odsíření, přičemž obsah uhlíku v tekutém železe by měl být 1,5 % či vyšší, přednostně 2,0 % či vyšší tak, aby bylo správně řízeno odsíření v lící pánvi s menší spotřebou materiálu k odsíření.

Obsah uhlíku v tekutém železe však dosáhne nasycení při asi 4,5 % a k získání tekutého železa s nasyceným obsahem uhlíku je třeba nadbytek množství uhlíkového redukčního činidla, což není hospodárné. Protože navíc roste i neoxidační zátěž na následující rafinaci, je žádoucí omezit obsah uhlíku na 4,5 % nebo méně, raději však na 3,5 % nebo méně.

"Zásaditost tekuté strusky 1,0 - 1,8"

Zatímco zásaditost (poměr CaO/SiO_2) není základní podmínkou vynálezu, ovlivňuje účinnost redukčního tavení pevného vyredukovaného železa v obloukové tavicí peci a má velký vliv na erozi žáruvzdorných materiálů ve vyzdívce tavicího povrchu.

To znamená, že zásaditost tekuté strusky má také významný vliv na její tekutost a jak ukazuje např. obrázek 9, klesá teplota tavení strusky s tím, jak klesá zásaditost. Tím se docílí preferovaného ovlivnění účinnosti redukčního tavení pevného vyredukovaného železa, přičemž se však zvyšuje reaktivita se žáruvzdorným materiálem a sílí eroze žáruvzdorných materiálů. Na druhé straně současně s růstem zásaditosti roste i teplota tavení strusky a k roztavení strusky je tedy třeba podstatně zvýšit teplotu v peci, což je nevhodné z hlediska spotřeby energie a kromě toho také v důsledku vysoké teploty sílí tepelné účinky na těleso pece. Tento trend, znázorněný na obrázku 9, je průkazný, když je zásaditost menší než 1,0 nebo přesáhne 1,8, takže zásaditost tekuté strusky v tavicí obloukové peci by měla být regulována, aby se pohybovala v rozsahu od 1,0 do 1,8, přednostně od 1,3 do 1,6.

Níže jsou popsány příklady vynálezu. Vynález se neomezuje na následující příklady, může však být realizován s příslušnými úpravami, pokud jsou v rozsahu vynálezu a jsou obsaženy v technickém vymezení vynálezu.

Příklady

Použijí se jednotlivé produkty pulverizace železné rudy, uhlí a malé množství pojiva (bentonitu), které se smíchají tak, aby uhlík v uhlí byl v teoreticky ekvivalentním množství k oxidu železnatému v železných rudách. Materiál byl v peletizačním zařízení vytvarován do zhruba kulového tvaru o průměru 13 až 20 mm a jako surové vytvarované produkty byly použity vytvarované produkty obsahující oxid železnatý ve spojení s uhlíkovým materiálem. Příklad použitého složení železné rudy a uhlí je uveden níže.

Složení železné rudy:

T - Fe = 65%, FeO = 0,7%, SiO_2 = 2,5%

Al_2O_3 = 2,10%, CaO = 0,04%

Složení uhlí:

Celkové množství uhlí = 77,6 %, pevný uhlík = 71,2%

Prchavá složka = 17,0%, popel = 11,8%

Vytvarované produkty (čerstvé pelety) byly dodány do výrobního zařízení na vyredukované železo typu rotační nístěje a byla provedena redukce při teplotě 1250 až 1350°C při střední době 7 až 9 minut v rotační peci za účelem vytvoření vyredukovaného železa. Množství nevyredukovaného oxidu železnatého a množství reziduálního uhlíku ve výsledném pevném vyredukovaném železe se liší v závislosti na podmínkách tepelné redukce. V tomto příkladu byly podmínky tepelné redukce řízeny tak, že metalizace oxidu železnatého v pevném vyredukovaném železe činila v každém případě 60%. Tabulka 1 ukazuje příklad metalizace a složení pevného vyredukovaného železa. Hmotnost a měrná tíha pevného vyredukovaného železa získaná obdobným experimentem je dále např. na obrázku 10, kde je střední měrná tíha v intervalu 1,7 až 2,5 bez vyjádřeného vztahu k hmotnosti na jeden kus.

Tabulka 1

Č	Metalizace	Celkem Fe	Střední hodn. Fe	FeO	C_{eq}	$C_{eq}/2$
1	92	85,1	78,8	8,9	1,5	0,7
2	90	84,4	76,0	11,0	1,8	0,9
3	80	80,8	64,7	21,1	3,5	1,8
4	70	77,5	54,3	30,3	5,1	2,5
5	60	74,5	44,7	38,8	6,5	3,2
6	50	71,7	35,9	46,7	7,8	3,9
7	40	69,1	27,6	54,0	9,0	4,5

Poznámka: C_{eq} : množství uhlíku pro redukční ekvivalentní množství FeO

$C_{eq}/2$: 1/2 množství, odpovídajícího množství uhlíku pro redukční ekvivalentní složku FeO.

Pevné vyredukované železo získané z výrobního zařízení na vyredukované železo bylo kontinuálně vkládáno v takovém stavu, aby pokud možno nedošlo ke kontaktu s atmosférickým vzduchem a bylo udržováno při

vysoké teplotě (v tomto experimentu 1000°C) v obloukové tavicí peci umístěné u výrobního zařízení na vyredukované železo a podrobena vystaveno další redukci a tavení. V tomto případě bylo v tavicí peci udržováno předem stanovené množství tekutého železa, zásaditost tekuté strusky plovoucí na tekutém železe byla nastavena na rozsah 1,0 až 1,8, byl dodáván elektrický proud ponořením elektrod pro obloukové zahřívání do tekuté strusky, přičemž byl využit systém ohřívání zanořeným obloukem. Pak bylo pevné vyredukované železo dodáno do blízkosti úseku, kde probíhalo obloukové zahřívání, do pozice pro dodávku pevného vyredukovaného železa bylo dále vloženo uhlí a byla provedena příprava redukčního tavení obloukovým zahříváním.

Pevné vyredukované železo ve fázi redukčního tavení obsahuje větší množství SiO_2 než jiných oxidů při tvorbě strusky. Pokud jde o zásaditost, sníženou v předcházejícím kroku tavení vyredukovaného železa v tavicí peci, přidává jako činidlo ovlivňující zásaditost tavidlo obsahující zejména oxid vápenatý a volitelně pálený dolomit, jímž se reguluje zásaditost tekuté strusky v rozsahu od 1,0 do 1,8. Potvrdilo se také, že přesáhne-li zásaditost tekuté strusky 1,8%, jak je popsáno výše, stane se tekutá struska viskózní a pevné vyredukované železo se ponoří méně do strusky, čímž se sníží efektivita redukce. Je-li na druhé straně zásaditost menší než 1,0, projeví se eroze žáruvzdorných součástí ve vyzdívice.

V tepelně redukční fázi tavení přijímalo pevné vyredukované železo položené na tekutou strusku v doteku s tekutou struskou teplo z oblouků, přičemž před redukcí oxidu železnatého zbýval ve strusce uhlík, na povrch pevného vyredukovaného železa se uvolňoval plynný CO a pevné vyredukované železo se vlivem CO rychle pohybovalo po tekuté strusce. Pevné vyredukované železo se pak v důsledku snižování měrné tíhy způsobeném vyfukováním a sníženou redukcí tepla ponořilo do tekuté strusky, čímž došlo k podstatné redukci nevyredukovaného železa a roztavení vlivem uhlíkového redukčního činidla aplikovaného na jeho okraj, které se pak stalo součástí spodního tekutého železa.

V tomto případě se dodané pevné vyredukované železo po položení z horní části tekuté strusky rychle ponořilo do tekuté strusky a byla-li měrná tíha dodávaného pevného vyredukovaného železa 1,7 nebo vyšší, přednostně 1,8 nebo vyšší, ještě lépe 1,9 nebo vyšší, došlo k efektivní tepelné redukci v krátkém

časovém okamžiku. Byla-li měrná tíha menší než 1,7, pevné vyredukované železo se méně ponořovalo do tekuté strusky, takže tepelné vedení z tekuté strusky bylo nedostatečné, došlo ke snížení vyfukování a podstatnému prodloužení doby potřebné pro tepelnou redukci. S tím souvisí zvýšení roztaveného množství oxidu železnatého v tekuté strusce a tendence k erozi žáruvzdorných materiálů ve vyzdívce tavicího povrchu.

Účinnost redukce byla nedostatečná a rychlost redukce nízká dále také v případech, kdy byl obsah uhlíku v pevném vyredukovaném železe menší než 50% teoretického množství uhlíku potřebného pro redukci nevyredukovaného oxidu železnatého v pevném vyredukovaném železe, i když bylo do tavicí pece přidáno dodatečně uhlíkové redukční činidlo, přičemž se značně zvýšil obsah oxidu železnatého v tekuté strusce zvýšil a způsobil erozi žáruvzdorných součástí ve vyzdívce.

Dále byly ve fázi tepelné redukce periodicky odebírány vzorky tekutého železa ke změření obsahu uhlíku a množství přidaného uhlíkového redukčního činidla bylo regulováno tak, aby obsah uhlíku byl v rozsahu 1,4 až 4,5%.

Krok tavení spočívající v tepelné redukci byl prováděn kontinuálně a v případech, že předem stanovené množství tekutého železa v tavicí peci stagnovalo, bylo odstraněno z odpichového otvoru, umístěno do spodní části pece k lici pánvi a ve stejném okamžiku bylo za účelem řízení množství strusky, zbývajících v peci, otvorem pro vývod strusky na boční stěně tavicí pece odstraněno přiměřené množství tekuté strusky.

Konkrétní podmínky vedení tohoto tavení tepelnou redukcí a jeho výsledky jsou uvedeny v příkladech dole:

(Vlastnosti vyredukovaného železa)

Složení pevného vyredukovaného železa atp.: Č. 8 (metalizace: 80%)

v Tabulce 1

Teplota dodávání do tavicí pece obloukového typu: 1000°C

Metoda dodávání: kontinuální

(Provozní stav tavicí pece obloukového typu)

Energetická spotřeba elektrody obloukového zahřívání:

Asi 565 kWh/tmi (mi = tekuté železo, které má být vytvořeno, t = celkem)

(Druh a množství vkládaného materiálu)

Oxid vápenatý: 92,2 kg/tmi, pálený dolomit: 21,5 kg/tmi

Další vkládané množství uhlí: asi 20 kg/tmi

Jednotková spotřeba vyredukovaného železa: 1227 kg/tmi

(Cílové složení pro tekuté železo a strusku)

Tekuté železo:

C: 2,0%, Si: 0,03% nebo méně, Mn: 0,05% nebo méně

P: 0,043%, S: 0,137%, teplota: 1550°C

Vytvořená struska: CaO: 36,5%, SiO₂: 26,1%, Al₂O₃: 18,2%, MgO: 10,0%

T-Fe: 6,3%, zásaditost: 1,4

Jak plyne z předcházejícího, obsah Si v tekutém železe se ve fázi redukčního tavení dostatečně snížil, a protože obsah S a obsah P je v surovině pro výrobu oceli příliš vysoký, bylo v lící pánvi provedeno odsíření a odfosfoření k získání tekutého železa následujícího složení.

Materiál pro odsíření: vápnitě tavidlo

Složení: CaO: 83 - 90%, CaF₂: 6 - 10%, C: 4,0%

Spotřeba: asi 12 kg/tmi

Materiál pro odsíření: vápnitě tavidlo + Fe₂O₃

Složení: CaO: 44 - 45%, CaF₂: 7 - 8%, Fe₂O₃: 47 - 48 %

Spotřeba: asi 20 kg/tmi

Složení tekutého železa po odsíření a odfosfoření

C: 1,8 - 2,0 %, Si: stopové množství, Mn: 0,02 %, P: 0,032 %, S: 0,038 %

Tekuté železo (1450°C) po odsíření a odfosfoření bylo dodáno společně s železnými odpady a surovým železem s následující směsí do EAF a bylo provedeno tavení v elektrické peci při dodání následujících materiálů a vyfouknutí malého množství kyslíku za účelem vytvoření tekuté oceli následujícího složení.

(Materiál dodaný do elektrické obloukové pece)

Odsířené a odfosfořené tekuté železo: 40 %

Odpad: 50 %, surové železo 10 %

(Další materiál)

Oxid vápenatý: 50,2 kg/tmi, pálený dolomit: 10 kg/tmi

Křemičitý kámen: 15,1 kg/tmi

Vyfouknuté množství kyslíku: asi 18 Nm³/tmi

(Složení získané tekuté oceli)

C: 0,10 %, Mn: 0,06 %, Si: stopové množství, S: 0,022 %, P = 0,018 %

Následující experimenty ukazují příklady dodávání tekutého železa, připravovaného v tavicí peci obloukového typu a podrobeného odsíření a odfosfoření, do EAF v tekutém stavu, konkrétně ve stavu, kdy je udržováno při vysoké teplotě a používá se jako materiál pro výrobu železa. Tekuté železo však lze dodávat také do BOF jako materiál pro výrobu oceli, kdy lze tekuté železo vyjmout do lící formy, ochladit a účinně využít jako dílčí materiál pro výrobu oceli.

Nakonec bychom měli poznamenat, že ve smyslu výše uvedených postupů lze provádět různé modifikace a variace předloženého vynálezu. Proto je třeba mít na paměti, že v rámci připojených patentových nároků lze vynález realizovat i jinak, než jak je zde konkrétně popsáno.

Tato přihláška je založena na japonské patentové přihlášce č. Hei 9-236214 podané v Japanese Patent Office v září 1997 a veškerý její obsah je zde zahrnut v odkazech.

Průmyslová využitelnost

Vynález byl sestaven tak, jak je uvedeno výše. Je tedy schopný udržet stálou efektivitu redukce, minimalizovat erozi žáruvzdorných materiálů ve vyzdívce provozované pece a prodloužit životnost pece a spolu s výše uvedenými účinky je schopen efektivně docílit výroby redukované oceli užitím vytvářených produktů obsahujících oxid ve spojení ve spojení s uhlíkovým redukčním činidlem jakožto hlavního materiálu a výroby tekutého železa vysoké čistoty další redukcí a tavením získaného pevného vyredukovaného železa v průmyslovém měřítku s malou energetickou zátěží. Protože vyredukované železo získané tímto postupem má menší obsah kovových nečistot, užití vyredukovaného železa jako materiálu pro výrobu železa nejenže umožňuje výrobu ocelových materiálů o vysoké čistotě, napomáhá však také při regulaci složek při výrobě ocelových slitin. Když je pec na výrobu oceli umístěna u tavicí pece obloukového typu a tekuté železo vytvořené tavicí pecí nebo tekuté odsířené a odfosfořené železo je dodáno v roztaveném stavu, kdy obsahuje velkou tepelnou energii, do pece na výrobu oceli jako surovina pro výrobu oceli, pak protože teplo obsažené v tekutém železe lze efektivně využít jako tepelný zdroj pro výrobu oceli, lze dále redukovat tepelnou energii a lze tak aplikovat z

praktického hlediska velmi efektivní postup jako plynulý systém od výroby vyredukovaného železa až po výrobu oceli.

PATENTOVÉ NÁROKY (pozměněné)

1. Postup výroby železa pro přípravu tekutého železa obsahujícího 1,5 až 4,5 % uhlíku, vyznačující se tím, že zahrnuje kroky:
 - a) použije se oxid železnatý a uhlíkové redukční činidlo,
 - b) z uhlíkového redukčního činidla a oxidu železnatého se připraví vytvarovaný produkt,
 - c) z vytvarovaného produktu se připraví pevné vyredukované železo, přičemž pevné vyredukované železo má metalizaci alespoň 60 %, měrnou tíhu alespoň 1,7 a obsah uhlíku alespoň 50 % teoretického množství potřebného k redukci oxidu železnatého zbývajících v pevném vyredukovaném železe a
 - d) před významným ochlazením bude provedeno ohřátí pevného vyredukovaného železa v tavicí peci obloukového typu na vysokou teplotu, čímž se připraví tekuté železo obsahující 1,5 až 4,5 % uhlíku.
2. Postup podle nároku 1, vyznačující se tím, že vyredukované železo teploty od 700 do 1300°C je zahřáto v tavicí peci obloukového typu.
3. Postup podle nároku 1, vyznačující se tím, že do zavážecí pozice pevného vyredukovaného železa v tavicí peci obloukového typu se přidává uhlíkové redukční činidlo.
4. Postup podle nároku 1, vyznačující se tím, že pevné vyredukované železo se dodává do tekuté strusky v tavicí peci obloukového typu.
5. Postup podle nároku 4, vyznačující se tím, že zásaditost tekuté strusky je v rozsahu od 1,0 do 1,8.
6. Postup podle nároku 4, vyznačující se tím, že tekutá struska obsahuje 9 % či menší množství oxidu železnatého.

„ZMĚNĚNÝ LIST“

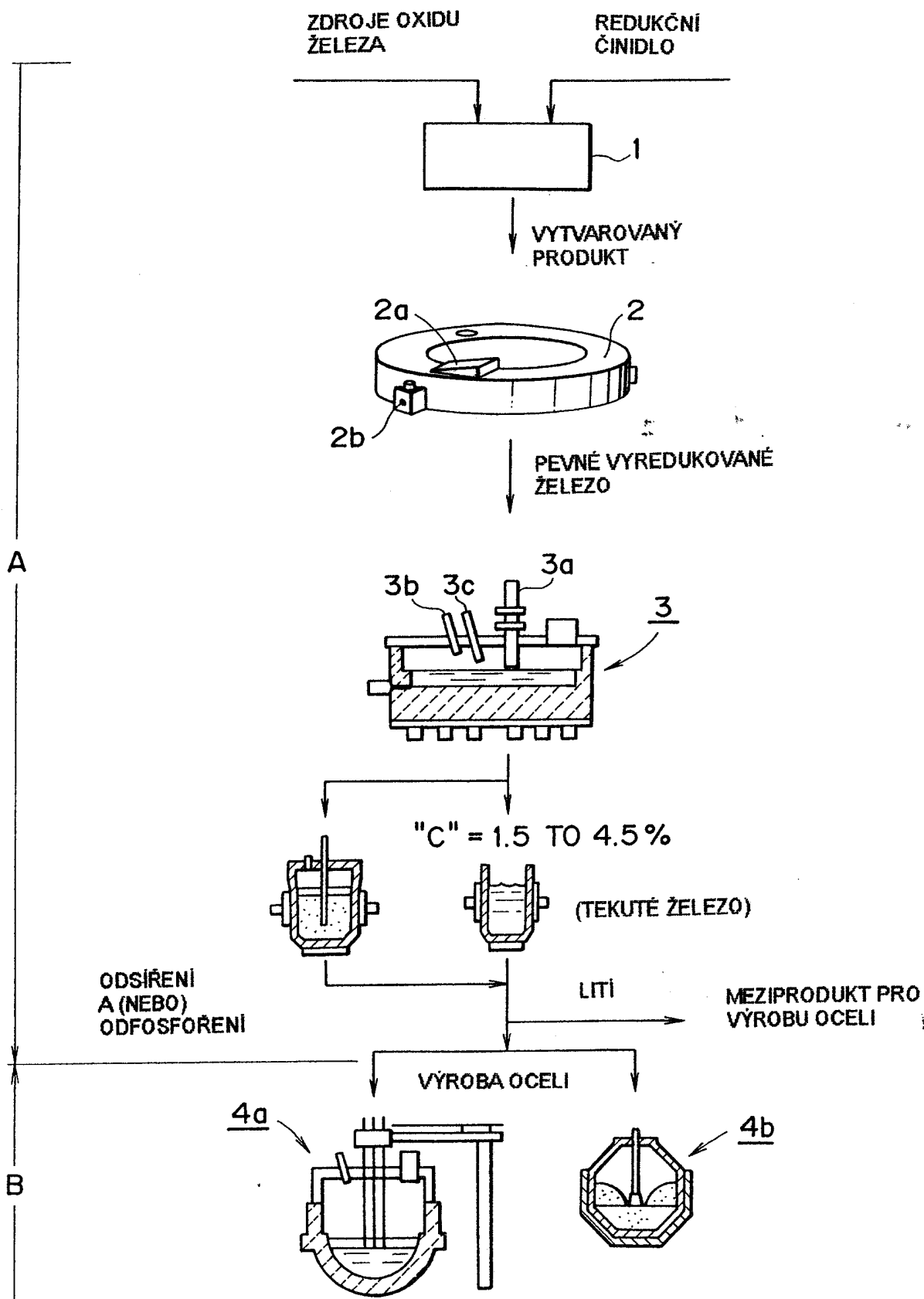
7. Postup podle nároku 6, vyznačující se tím, že tekutá struska obsahuje 5 % či menší množství oxidu železnatého.
8. Postup podle nároku 4, vyznačující se tím, že v tavicí peci obloukového typu je odebrán vzorek tekutého železa a tekuté železo je analyzováno za účelem řízení dodávaného množství uhlíkového redukčního činidla, čímž je řízen obsah uhlíku v tekutém železe.
9. Postup podle nároku 4, vyznačující se tím, že obsah uhlíku v tekutém železe je řízen měřením složení a množství plynů odvedených z tavicí pece obloukového typu a na základě ekvivalentního množství kyslíku ve výfukových plynech vypočítaného z naměřených hodnot se v požadovaném množství přidává uhlíkové redukční činidlo.
10. (Vynechán)
11. Postup podle nároku 1, vyznačující se tím, že tekuté železo v tavicí peci obloukového typu je převedeno do jiné nádoby a odsířeno.
12. Postup podle nároku 1, vyznačující se tím, že tekuté železo v tavicí peci obloukového typu je převedeno do jiné nádoby a odfosfořeno.
13. (Vynechán)
14. (Vynechán)
15. (Vynechán)
16. (Vynechán)
17. Postup výroby oceli, vyznačující se tím, že zahrnuje dodání roztaveného železa připraveného v nároku 1 do pece na výrobu oceli, čímž se bude připravovat ocel.

18. Postup podle nároku 17, vyznačující se tím, že pec na výrobu oceli je elektrická oblouková pec (EAF) nebo zásaditá kyslíková pec (BOF).
19. Postup výroby oceli, vyznačující se tím, že zahrnuje:
- a) ochlazení tekutého železa připraveného v nároku 1, čímž se připraví koagulované železo a
 - b) dodání koagulovaného železa to pece na výrobu železa, čímž se připraví ocel.
20. Postup výroby oceli podle nároku 19, vyznačující se tím, že pec na výrobu oceli je elektrická oblouková pec (EAF) nebo zásaditá kyslíková pec (BOF).
21. Postup podle nároku 1, vyznačující se tím, že tekuté železo obsahuje 0,05% nebo menší množství Si, 0,1 % nebo menší množství P a 0,20 % nebo menší množství S.

1/10

RV 2000-72T
05.04.00

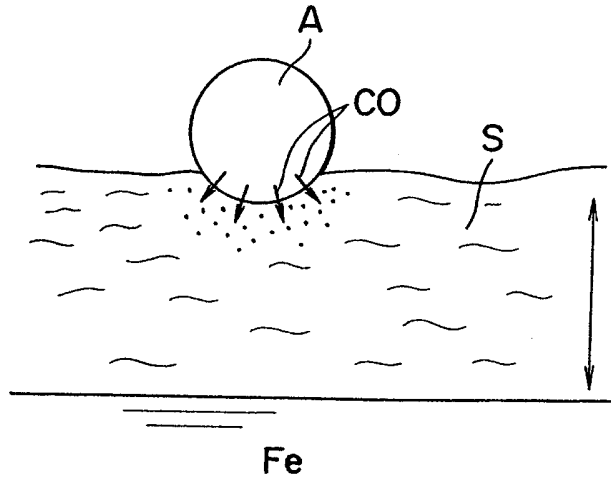
OBR. 1



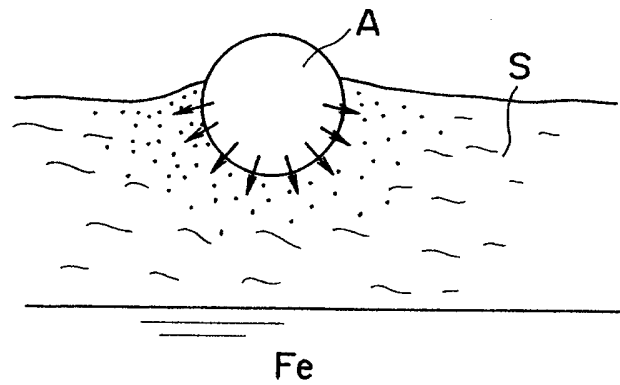
4/10

PV 2000-75J
05.04.00

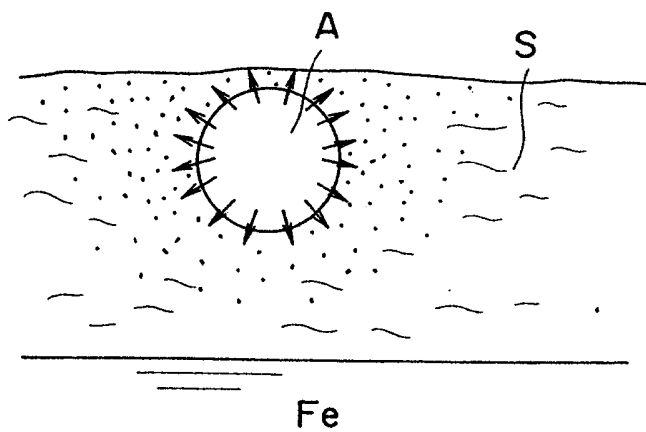
OBR. 2A



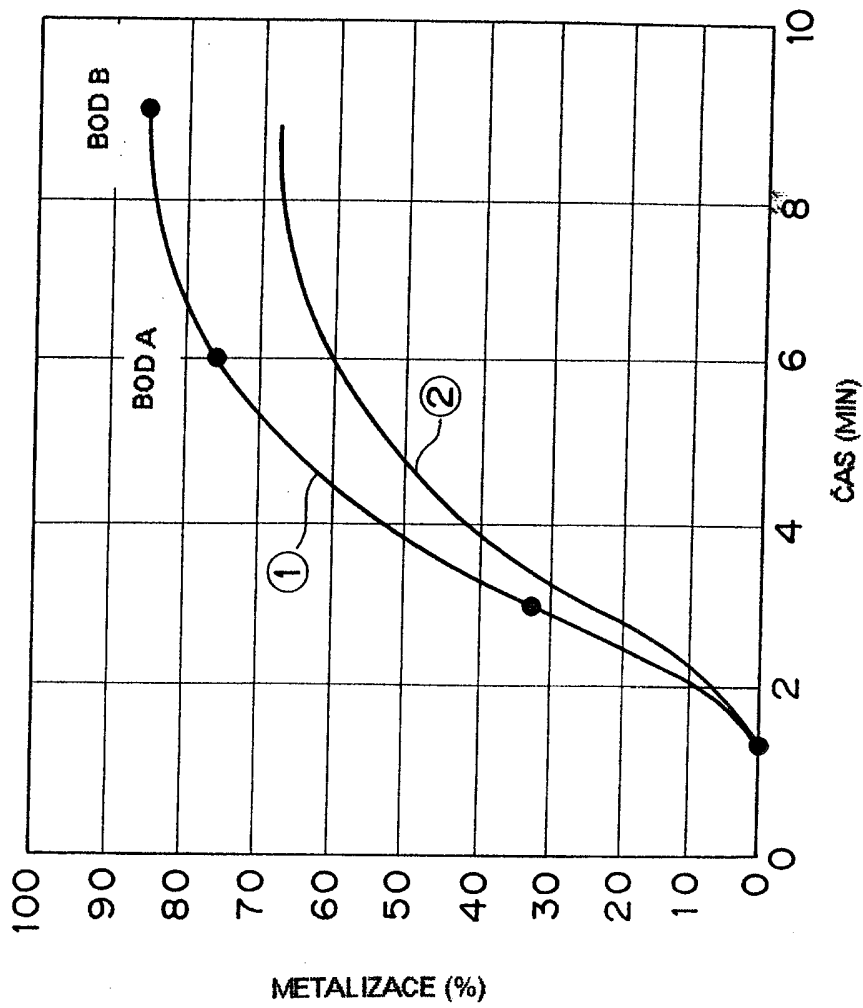
OBR. 2B



OBR. 2C



OBR. 3



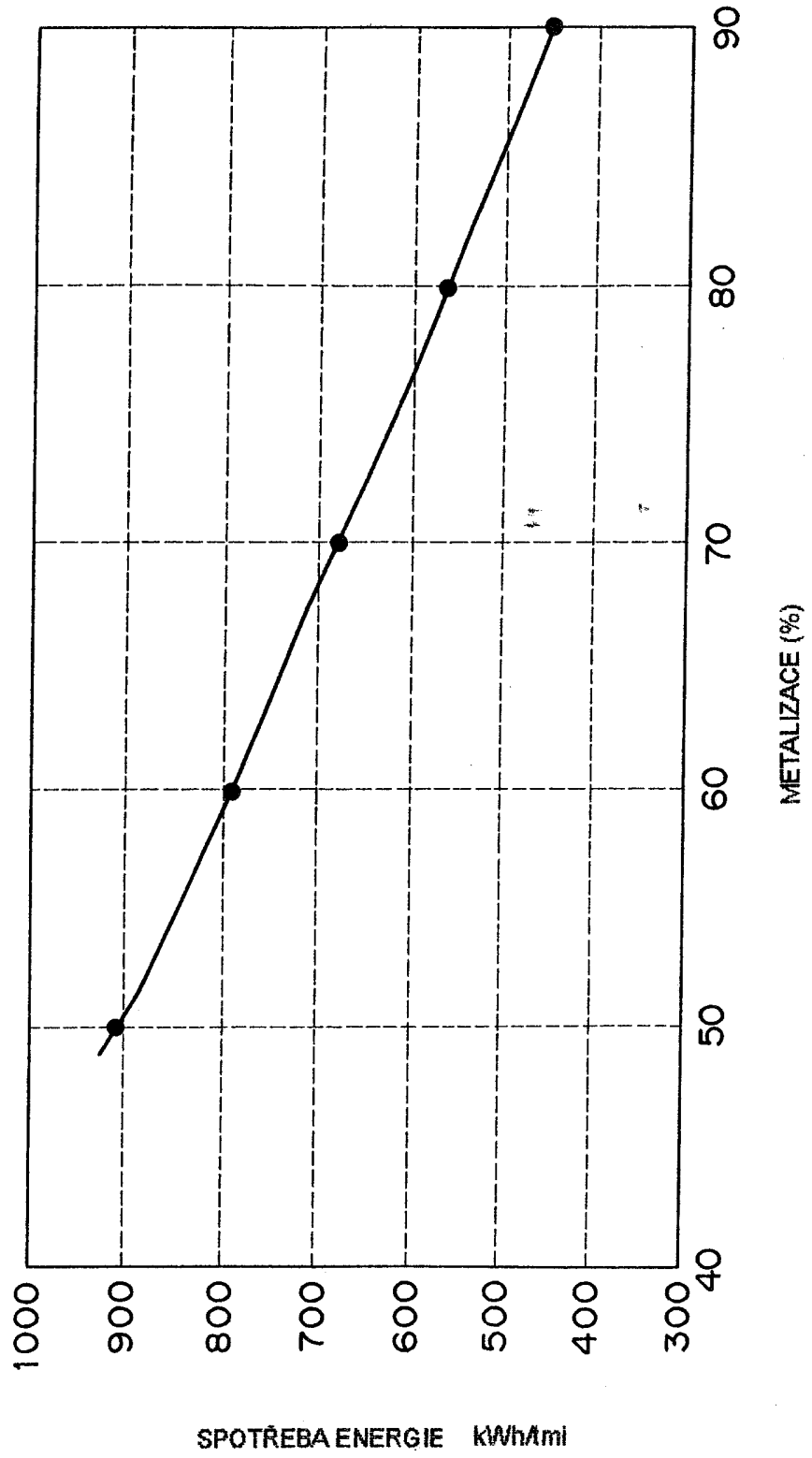
DOBA REDUKCE A METALIZACE

BOD A: METALIZACE = 84,91 %, FeO = 15,0 %, C = 1,59 % (53,5 % CEQ)
BOD B: METALIZACE = 75,92 %, FeO = 20,2 %, C = 4,81 % (142,3 % CEQ)
(CEQ: MNOŽSTVÍ UHLÍKU PRO REDUKČNÍ EKVIVALENT FeO)

4/10

PI 2000-755
05.04.00

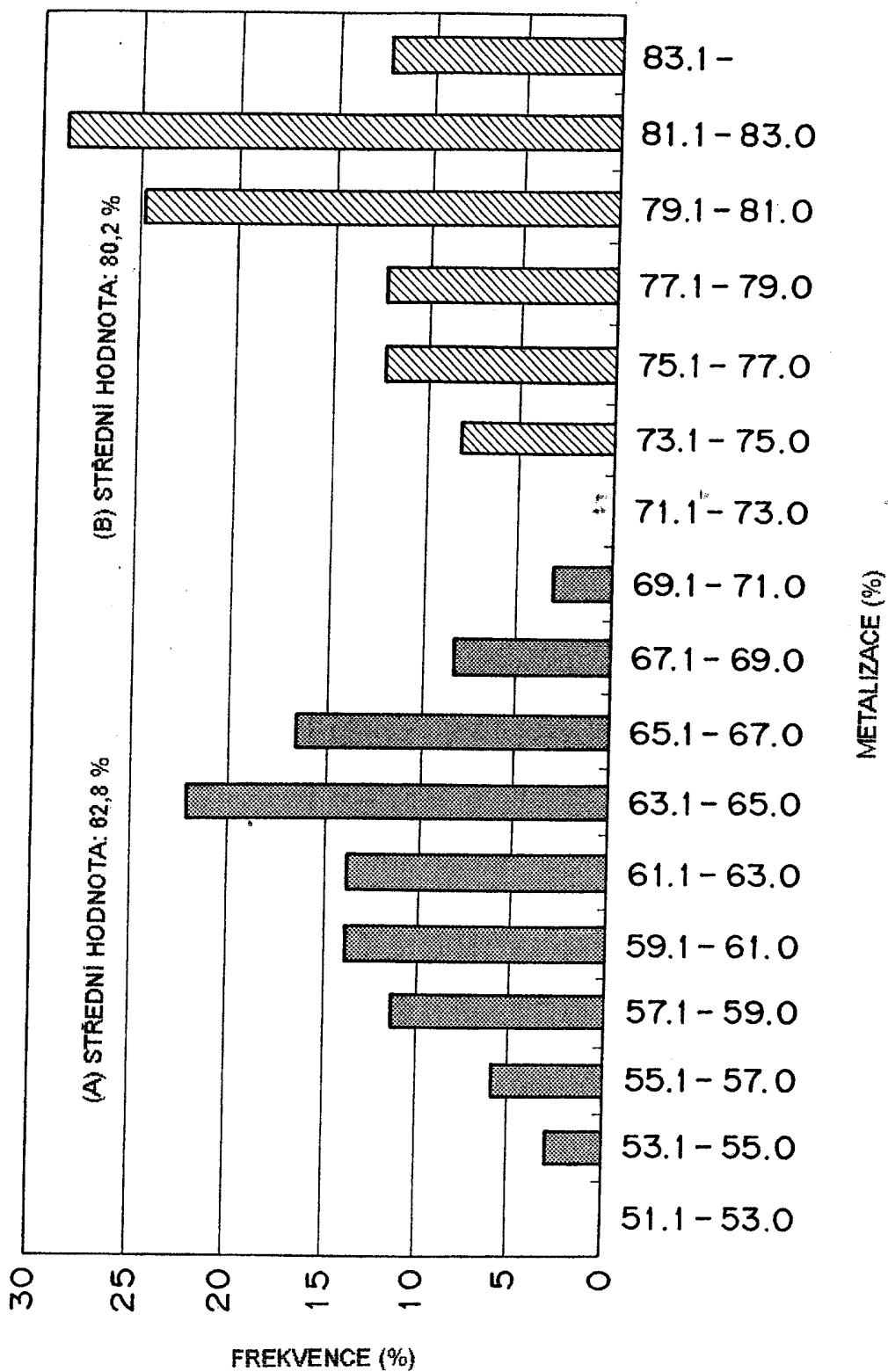
OBR. 4



5/10

TV 2000 - 245
05.04.00

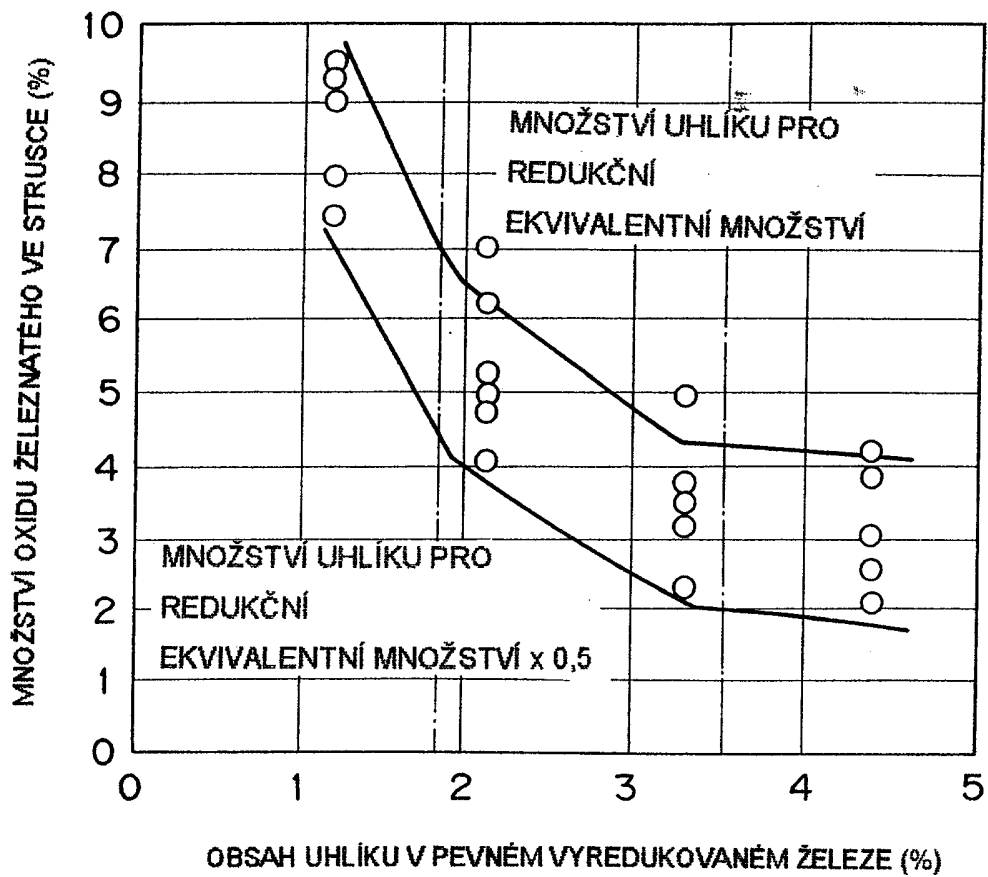
OBR. 5



6/10

TV 2000-255
05.04.00

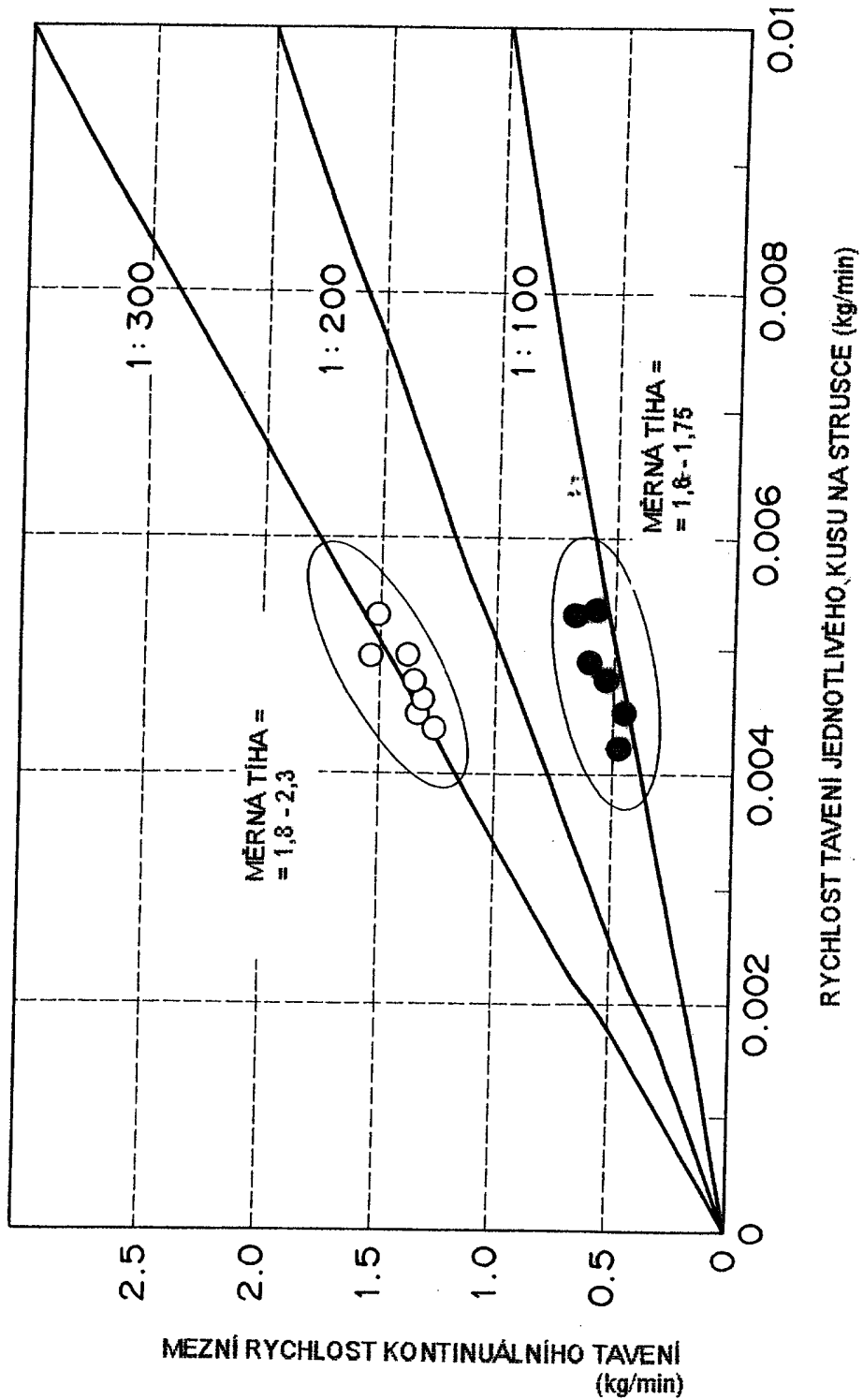
OBR. 6



7/10

PV 2000-75T
05.04.00

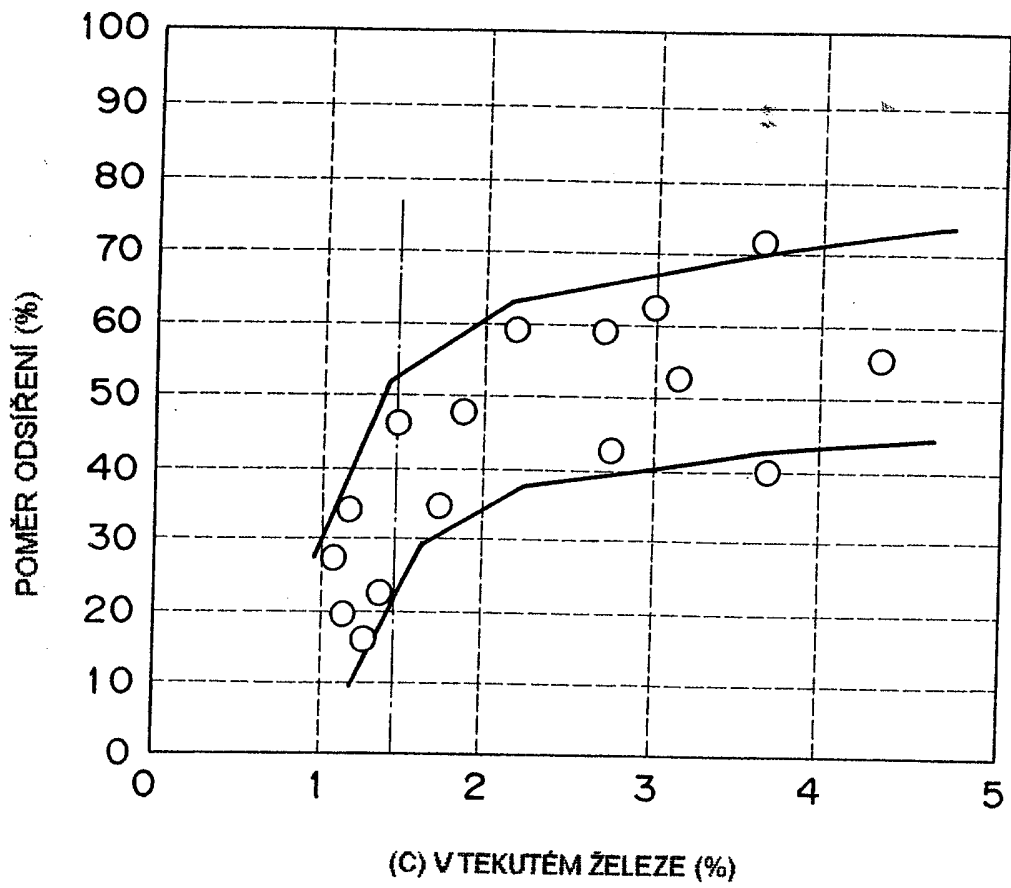
OBR. 7



8/10

PV 2000 - 755
05.04.00

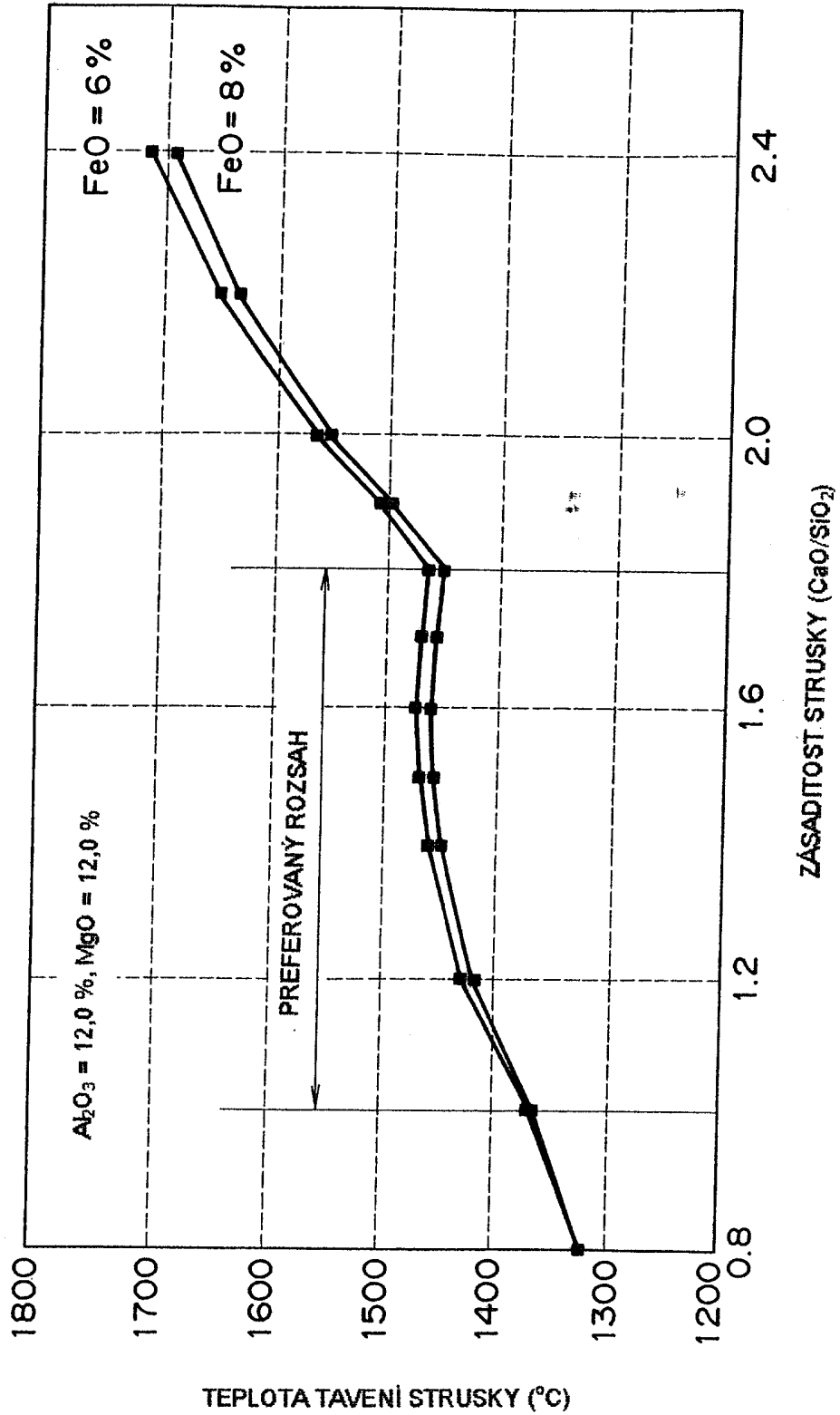
OBR. 8



9/10

TV 2000-75J
05.04.00

OBR. 9



10/10

TV 2000-715
05.04.00

OBR. 10

