PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

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

(21) Číslo dokumentu:

4359-98

(19)

ČESKÁ REPUBLIKA

(22) Přihlášeno: **10. 06. 97**

(32) Datum podání prioritní přihlášky: **03.07.96**

(31) Číslo prioritní přihlášky: **96/88785**

(33) Země priority: **LU**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **15. 09. 99 (Věstník č. 9/99)**

(86) PCT číslo: **PCT/EP97/03005**

(87) PCT číslo zveřejnění: **WO 98/01588**

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.[6]:

C 21 C 5/52

ÚŘAD PRŮMYSLOVÉHO VLASTNICTVÍ

(71) Přihlášovatel:
PAUL WURTH S. A., Luxembourg, LU;

(72) Původce:
Kremer André, Leudelange, LU;
Denier Guy, Metz, FR;
Roth Jean-Luc, Hettange-Grande, FR;

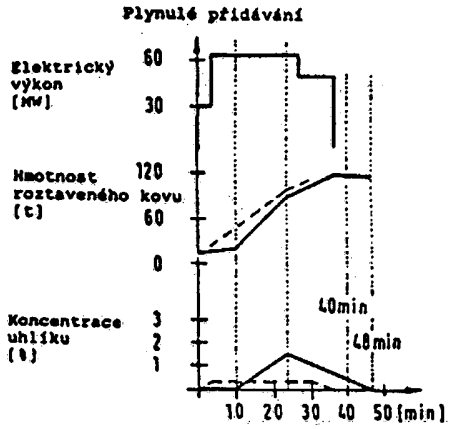
(74) Zástupce:
Kubát Jan Ing., Přístavní 24, Praha 7, 17000;

(54) Název přihlášky vynálezu:

Způsob výroby oceli v elektrické peci s přidáváním roztaveného surového železa

(57) Anotace:

Při způsobu výroby oceli v elektrické peci, při kterém se do elektrické pece přidává předem určené množství roztaveného surového železa, se podle vynálezu přidává roztavené surové železo kontinuálně bez přerušení zahřívání elektrickým obloukem, do pece se předtím než koncentrace uhlíku a/nebo křemíku dosáhne předem určené limitní hodnoty, vhání rafinační plyn s tím, že vhánění plynu probíhá plynule až do ukončení přidávání surového železa a po přidání určitého množství surového železa pokračuje vhánění rafinačního plynu až do dosažení cílové hodnoty koncentrace uhlíku a/nebo křemíku v tavenině kovu.



CZ 4359-98 A3

29.12.98 4359-98

Způsob výroby oceli v elektrické peci s přidáváním roztaveného surového železa

Oblast techniky

Vynález se týká způsobu výroby oceli v elektrické peci, při kterém se do pece přidává roztavené surové železo.

Dosavadní stav techniky

Velká část ocelového šrotu se recykluje pomocí elektrických pecí, například obloukových pecí. Tyto pece umožňují tavit a opět používat ocelový šrot, který se tak může tímto způsobem zpracovávat a využívat pro výrobu nových ocelových výrobků.

Některé ze zbytkových prvků obsažených v železném šrotu jako je měď, nikl a podobně není možné z oceli oddělit a tyto prvky se proto vyskytují také ve výsledném produktu. To znamená, že čím větší množství ocelového šrotu se recykluje, tím je větší koncentrace těchto zbytkových prvků ve výsledném produktu. Tyto prvky jsou potom příčinou různých problémů vznikajících při výrobě určitých výrobků, například ocelových plechů a podobně.

Jednou z možností snížení podílu zbytkových prvků v oceli získávané z ocelového šrotu a současně zlepšení energetické účinnosti elektrických pecí je přidávání roztaveného surového železa do elektrické pece. Protože však surové železo má poměrně velký obsah uhlíku a křemíku, pohybující se kolem 4,5 % u uhlíku C a 0,6 % u křemíku Si, vede přidávání surového roztaveného železa l výraznému zvýšení koncentrace těchto prvků v tavenině. Výsledkem toho je delší trvání zušlechťovacího stádia v tavenině, kterým se má snížit koncentrace uhlíku a křemíku v tavenině na cílovou hodnotu, jež je obecně velmi nízká a pohybuje se v konečném stavu mezi 0,05 %

29.12.98

a 0,01.

Pro dosažení této nízké koncentrace se dosud používají tradiční doplňovací metody, při kterých se po přidání surového železa vhání do taveniny rafinační plyn, například kyslík, aby docházelo ke snižování koncentrace uhlíku a křemíku. Protože koncentrace těchto prvků je značně vysoká, musí se množství přiváděného kyslíku regulovat, aby nedocházelo k příliš prudkým oduhličovacím a odkřemičovacím reakcím. V praxi reaguje vháněný kyslík za přítomnosti vysokých koncentrací kyslíku a křemíku příliš bouřlivě v okamžiku nárazu na taveninu, což vede lokálně k velmi prudkému uvolňování energie a vývinu reakčních plynů jako je například oxid uhelnatý CO. Je zřejmé, že taková prudká reakce je provázena rozstřikováním oceli a surového železa, které vyvolává nebezpečí znečištění a poškození chladicích panelů vyzdívky uvnitř pece. V důsledku toho je nutno snížit rychlost přivádění kyslíku, aby se zmírnila dynamika zušlechťovací reakce.

Omezení rychlosti přívodu kyslíku v průběhu zušlechťovacího procesu však na druhé straně prodlužuje dobu potřebnou k dosažení požadovaných výsledků a od určitého množství přidávaného roztaveného surového železa tvoří limitní faktor pro dobu trvání tavicího cyklu v peci. Pro zvýšení výkonu obloukové pece, který souvisí s její produktivitou, to znamená pro snížení doby trvání tavicího cyklu, je v současné době rozhodující dosáhnout zkrácení doby trvání zušlechťování materiálu taveniny.

EP-A-0 630 977 popisuje způsob zpracování roztaveného surového železa v konvertoru opatřeném nejméně jednou elektrodou. Tento dokument popisuje také proces, při kterém se celé množství surového železa přidává do konvertoru před aktivací elektrického oblouku.

29.12.98

Úkolem vynálezu je vyřešit způsob výroby oceli v elektrické peci, při kterém se do pece přidává roztavené surové železo a kterým se má dosáhnout zkrácení doby trvání tavicího cyklu.

Podstata vynálezu

Tento úkol je vyřešen způsobem výroby oceli v elektrické peci, při kterém se elektrická pec zaváží stanoveným množstvím šrotu a šrot se taví pomocí elektrického oblouku, po roztavení části šrotu se do elektrické pece přidává předem určené množství roztaveného surového železa a po přivedení plánovaného množství surového železa se do pece vhání rafinační plyn až do dosažení cílové hodnoty koncentrace uhlíku a/nebo křemíku v tavenině. Podstata vynálezu u tohoto způsobu výroby spočívá v tom, přidávané množství surového železa se přivádí plynule a s řízenou intenzitou bez přerušení vyhřívání elektrickým obloukem, vhánění rafinačního plynu do pece se zahájí v průběhu přidávání surového železa, dříve než koncentrace uhlíku a/nebo křemíku v tavenině dosáhne předem určené limitní hodnoty, a vhánění plynu probíhá plynule až do ukončení přidávání surového železa.

Způsob podle vynálezu má řadu výhod, z nichž jedna z nejdůležitějších spočívá v tom, že plnění pece probíhá bez vypnutí přívodu energie, to znamená bez přerušení zahřívání pomocí elektrického oblouku. V důsledku tohoto řešení se tavení ocelového šrotu nepřerušuje a probíhá podstatně rychleji než u tradičních metod přidávání taveného surového železa. Další výhodou způsobu je skutečnost, že zušlechťování vháněním plynu začíná před ukončením plnění pece, to znamená mnohem dříve než u dosud známých plnicích způsobů. Výsledkem tohoto postupu je zkrácení doby trvání tavicího cyklu i přesto, že rychlost vhánění plynu do taveniny se nezvyšuje.

Protože zušlechťování začíná ještě před koncem přidávání

29.12.98

surového železa, umožňuje způsob podle vynálezu dosáhnout snížení maximální koncentrace uhlíku a/nebo křemíku v tavenině v průběhu tavicího cyklu nastavením rychlosti dávkování a vhánění plynu. Na začátku zušlechťování je koncentrace například uhlíku v tavenině ve skutečnosti výrazně nižší než by byla dosažitelná dosud známými výrobními postupy, při kterých začíná zušlechťování teprve po ukončení zavážení celého množství roztaveného surového železa, přičemž stejné pravidlo platí také pro koncentraci křemíku. Kromě toho alespoň část uhlíku obsažená v tavenině se okysličuje již při svém přívodu, takže zvyšování koncentrace uhlíku v tavenině v průběhu zavážení pece je výrazně redukováno a v důsledku toho koncentrace nepřekračuje stanovené limitní hodnoty, které jsou pro koncentraci uhlíku například menší než 2 %, zejména jsou menší než 1,5 %. Koncentrace křemíku se chová obdobně, ale v menším měřítku. Předem určená mezní hodnota koncentrace křemíku je například menší než 0,3 %, zejména menší než 0,2 %.

Koncentrace uhlíku a křemíku limitované tímto způsobem umožňují zvýšení množství přívodu kyslíku bez příliš prudkého průběhu zušlechťovacích operací. Výsledkem toho je, že kvůli omezenému místnímu množství křemíku nebo uhlíku není zušlechťovací operace soustředěna do místa přívodu plynu do taveniny, ale kyslík je přenášen přímo na železu. Po promíchání fází, které jsou přítomny v tavenině, to znamená kovu a strusky, reaguje potom takto vytvořený oxid železa s křemíkem a uhlíkem, které obklopuje v jiných místech než jsou místa vhánění plynu. Uvolňování reakčního plynu, například oxidu uhelnatého CO, a rozstřikování taveniny proto probíhá rovnoměrněji po celém povrchu lázně taveniny a v důsledku toho je průběh těchto jevů mnohem mírnější. Tím je možno dosáhnout zvýšení intenzity přívodu kyslíku a proto také zvýšení rychlosti zjemňování struktury bez rozstřikování oceli a surového železa, které by bylo příliš výrazné a vedlo

29.12.98

ke znečišťování a poškozování vyzdívky z chladicích panelů uvnitř pece. Tavicí cykly pece se tak zkracují a produktivita pece se zvyšuje.

Je třeba poznamenat, že přidání surového železa je dosaženo bez přerušení zahřívání elektrického oblouku a přitom klenba pece zůstává uzavřená po celou dobu přidávání surového železa, protože toto železo se přivádí zejména bočním otvorem pece. Protože klenba pece zůstává v průběhu celého tavicího cyklu uzavřená, je zamezeno vstupu vzduchu do pecní komory a tím je také výrazně omezen přístup dusíku. Kromě toho dřívější a plynulé zušlechťování vede k plynulému promíchávání lázně taveniny reakčními plyny jako je CO. V průběhu promíchávání taveniny oxidem uhelnatým CO se dusík rozpuštěný v roztaveném kovu rozpouští v bublinkách CO, které potom unikají z roztaveného kovu. Dusík se potom odstraňuje z nádoby společně s reakčním plynem odsávacím systémem pece. Takové plynulé probublávání tak vede k výraznému snížení koncentrace dusíku v ocelových výrobcích.

V důsledku toho je způsob podle vynálezu dokonale přizpůsoben pro výrobu kvalitních ocelí, zejména vysoce tvárných ocelí, pro které je vyžadován velmi nízký obsah dusíku.

Intenzita přivádění zušlechťovacího plynu a rychlost přidávání surového železa do pece může být zejména nastavena tak, že se koncentrace uhlíku a/nebo křemíku v tavenině kovu po zahájení zušlechťování dále nezvyšuje. Tím je například možno přizpůsobit rychlost dávkování surového železa maximálnímu přívodu kyslíku, aby se dosáhlo oxidace veškerého uhlíku přiváděného do taveniny. Tímto způsobem je možno přesně regulovat koncentrace uhlíku a křemíku v tavenině v průběhu tavicího cyklu a je možno omezit maximální koncentrace na velmi nízké hodnoty, to znamená pro uhlík na koncentraci kolem 0,5 % hmotnostních.

29.12.98

Podle výhodného provedení vynálezu se zušlechťovací plyn vhání do jednoho ze dvou kvadrantů pece, které jsou protilehlé k plnicímu otvoru, umístěnému v návaznosti na umístění elektrody elektrické pece. V tomto případě je směr vpravování plynu nastaven tak, že první svislá rovina, ve které probíhá zavážení pece, a druhá svislá rovina, ve které se provádí vhánění plynu, se vzájemně protínají v podstatě v oblasti elektrody pece.

Reakční plyny, například CO, které se uvolňují plynule v průběhu zušlechťování, se vyskytují v oblasti, kde se proudy plynu a surového železa střetávají, ve větším množství než v sousedních oblastech. Při opouštění taveniny přemísťují tyto plyny dusík v nádobě a vytvářejí nad hladinou kovové lázně ochrannou atmosféru proti dalšímu vnikání dusíku do taveniny.

Kvůli velmi vysokým teplotám v sousedství elektrického oblouku vede přítomnost dusíku s této oblasti k nitridaci taveniny. Je proto velmi účelné usměrňovat proud surového železa a rafinačního plynu tak, že se vzájemně střetávají v oblasti nacházející se pod elektrickým obloukem. Ochranná atmosféra vytvořená v sousedství elektrického oblouku je v důsledku toho zvláště hustá a tím je možno velmi účinně bránit pronikání dusíku do taveniny.

Je třeba poznamenat, že přidávání určitého množství roztaveného surového železa se může uskutečňovat v množství mezi 20 % a 60 % celkové pecní vsázky, přičemž rychlost přivádění surového železa je zejména nižší než 4 % kapacity pece za minutu. Intenzita vhánění kyslíku do taveniny se pohybuje mezi 0,5 a 1 m^3 O_2 na jednu tunu kapacity pece za minutu.

29.12.98

Přehled obrázků na výkresu

Srovnání tradičních způsobů plnění pecí se způsobem podle vynálezu bude provedeno pomocí příkladů provádění těchto dvou způsobů, zobrazených na výkresech, kde znázorňují

obr. 1 graf znázorňující průběh elektrického výkonu, množství roztaveného kovu a koncentrace uhlíku pro známý způsob plnění pece v závislosti na čase a

obr. 2 graf znázorňující průběh elektrického výkonu, množství roztaveného kovu a koncentrace uhlíku pro způsob plnění pece podle vynálezu v závislosti na čase.

Příklady provedení vynálezu

Výchozí podmínky pro obě srovnávané metody přidávání roztaveného surového železa do pece jsou následující:

- kapacita pece: 100 t + 20 t v patě;
- vsázka: 66 t ocelového šrotu + 44 t roztaveného surového železa, tj. 40 %;
- maximální aktivní výkon pece: 60 MW;
- koncentrace uhlíku v surovém železe 4,5 %, v ocelovém šrotu 0,5 %.

V tomto příkladu se předpokládá jediná koncentrace uhlíku v tavenině. Koncentrace křemíku ukazuje chování v podstatě stejné jako koncentrace uhlíku s výjimkou toho, že křemík oxiduje před uhlíkem. Výsledkem toho je, že po dosažení cílové hodnoty koncentrace uhlíku je křemík z taveniny téměř eliminován.

Pro usnadnění srovnání obou metod je začátek obou procesů zahájen se stejnou maximální intenzitou přívodu kyslíku do obou způsobů, přičemž tato intenzita se pohybuje řádově kolem 4000 m^3/hod, což odpovídá intenzitě oduhličení kolem 60 k uhlíku/min.

Při tradičním způsobu podle obr. 1 pracuje pec na maxi-

29.12.98

mální výkon, aby se dosáhlo roztavení určitého množství ocelového šrotu. Po deseti minutách se elektrická pec opět vypne, poklop pece se odstraní a do pece se po dobu 5 minut přidává roztavené surové železo. Po přidávání surového železa se poklop pece vrátí na místo a pec se opět uvede do chodu. Je třeba poznamenat, že čas potřebný pro odkrytí a opětné uzavření pece poklopem nebo jiným krytem prodlouží dobu odstavení pece z provozu z 5 minut potřebných pro přidávání surového železa na celkově asi 10 minut.

V průběhu přidávání surového železa se hmotnost roztaveného kovu a koncentrace uhlíku v tavenině zvyšuje lineárně v závislosti na intenzitě přidávání a na konci přidávání dosahuje koncentrace uhlíku hodnoty kolem 3 % (koncentrace křemíku hodnot kolem 0,4 %). Převážně kvůli těmto velmi vysokým koncentracím uhlíku a křemíku musí být intenzita přivádění kyslíku omezována v průběhu zušlechťování na asi 4000 m^3/hod. V průběhu zušlechťování, které začíná po uzavření pece poklopem nebo krytem, se koncentrace uhlíku snižuje v podstatě lineárně na konečnou hodnotu kolem 0,1 %.

Je třeba poznamenat, že kvůli značnému množství uhlíku, přiváděnému společně se surovým železem a ocelovým šrotem do taveniny a kvůli omezené rychlosti vhánění kyslíku trvá oduhličování celkově 38 minut. Protože tento proces začíná jen 20 minut po zahájení tavicího cyklu, celková doba tavicího cyklu trvá 58 minut.

Při způsobu podle vynálezu, jehož průběh je znázorněn na obr. 2, začíná přidávání surového železa po 10 minutách a probíhá s intenzitou 3 t/min, to znamená přidávání probíhá po dobu kolem 15 minut. V průběhu přidávání surového železa zůstává pec stále zahřívána, takže množství roztaveného kovu v peci se zvyšuje nejen díky přidávání roztaveného surového železa, ale také současným tavením ocelového šrotu. V důsled-

29.12.98

ku toho se dosáhne ukončení tavení ocelového šrotu o 10 minut dříve než u způsobu podle obr. 1.

Kromě toho oduhličení, které vyžaduje 38 minut pro stejnou intenzitu vhánění kyslíku, která se pohybuje kolem 4000 m^3/hod., začíná krátce po zahájení přidávání surového železa a před zvýšením koncentrace uhlíku v tavenině nad hodnotu 1,5 %. Zahájení přidávání surového železa dříve než při metodě podle obr. 1 ji samo o sobě umožňuje zkrácení doby trvání tavicího cyklu o více než 10 %. Jestliže se nyní zvýší maximum intenzity přivádění kyslíku, což je možné bez nebezpečí rozstřikování kvůli nízké koncentraci uhlíku v tavenině, rychlost oduhličování se zvyšuje a doba trvání tavicího cyklu se dále snižuje. Výsledkem toho je, že způsobem podle vynálezu je možno zvýšit produktivitu elektrické pece o nejméně 10 %.

V optimalizované verzi plynulého přidávání surového železa je možné přizpůsobit rychlost přidávání surového železa maximální intenzitě zavádění kyslíku pro oduhličení, aby se dosáhlo okysličování uhlíku již při jeho přívodu do taveniny. Tímto způsobem je možné dosáhnout omezení koncentrace uhlíku na hodnoty pod 0,5 %. Díky nízké koncentraci uhlíku je možno výrazně zvýšit maximální intenzitu zavádění kyslíku, aby se zvýšila rychlost oduhličení. Pro surové železo s koncentrací uhlíku kolem 4,5 % je vztah mezi rychlostí přivádění surového železa a intenzitou přivádění kyslíku následující:

$$q\ \text{surového železa}\ (t/min) = q\ O_2\ (m^3/min)/43,$$

kde q označuje množství.

Tento způsob modifikovaný tím, že je při jeho provádění zajištěno včasné a optimalizované přivádění surového železa, je zobrazen na obr. 2 čárkovanou čarou pro maximální hodnotu přívodu kyslíku 5200 m^3/hod. Přidávání surového železa se

29.12.98

uskutečňuje rychlostí 2 t/min. Je zřejmé, že přidávání začíná co nejdříve po zahájení tavicího cyklu a v důsledku toho hmotnost roztaveného kovu se zvyšuje od začátku lineárně. Koncentrace uhlíku na druhé straně zůstává v podstatě konstantní v průběhu celého přidávání surového železa a je menší než 0,5 %. Způsob podle vynálezu umožňuje zvýšit produktivity o 20 % oproti tradičním doplňovacím metodám.

4859-98

29.12.98

P A T E N T O V É N Á R O K Y

1. Způsob výroby oceli v elektrické peci, při kterém se elektrická pec zaváží stanoveným množstvím šrotu a šrot se taví pomocí elektrického oblouku, po roztavení části šrotu se do elektrické pece přidává předem určené množství roztaveného surového železa a po přivedení plánovaného množství surového železa se do pece vhání rafinační plyn až do dosažení cílové hodnoty koncentrace uhlíku a/nebo křemíku v tavenině, v y z n a č u j í c í s e t í m , že stanovené množství surového železa se přivádí plynule a s řízenou intenzitou bez přerušení zahřívání elektrickým obloukem, vhánění rafinačního plynu do pece se zahájí v průběhu přidávání surového železa, dříve než koncentrace uhlíku a/nebo křemíku v tavenině dosáhne předem určené limitní hodnoty, a vhánění plynu probíhá plynule až do ukončení přidávání surového železa.

2. Způsob podle nároku 1, v y z n a č u j í c í s e t í m , že rychlost přidávání surového železa a intenzita vhánění rafinačního plynu se nastaví na ukončení zvyšování koncentrace uhlíku a/nebo křemíku v tavenině kovu po zahájení zušlechtování.

3. Způsob podle nároků 1 a 2, v y z n a č u j í c í s e t í m , že rafinační plyn se vhání do jednoho ze dvou kvadrantů pece, které jsou protilehlé k plnicímu otvoru vzhledem k elektrodě elektrické pece, přičemž směr vhánění plynu je takový, že první svislá rovina, obsahující směr přidávání surového železa, a druhá svislá rovina, obsahující směr vhánění plynu, se vzájemně protínají v podstatě v oblasti pecní elektrody.

4. Způsob podle nároků 1 až 3, v y z n a č u j í c í s e t í m , že limitní hodnota koncentrace uhlíku v tavenině je

4359-98
29.12.98

menší než 2 %, zejména menší než 1,5 %.

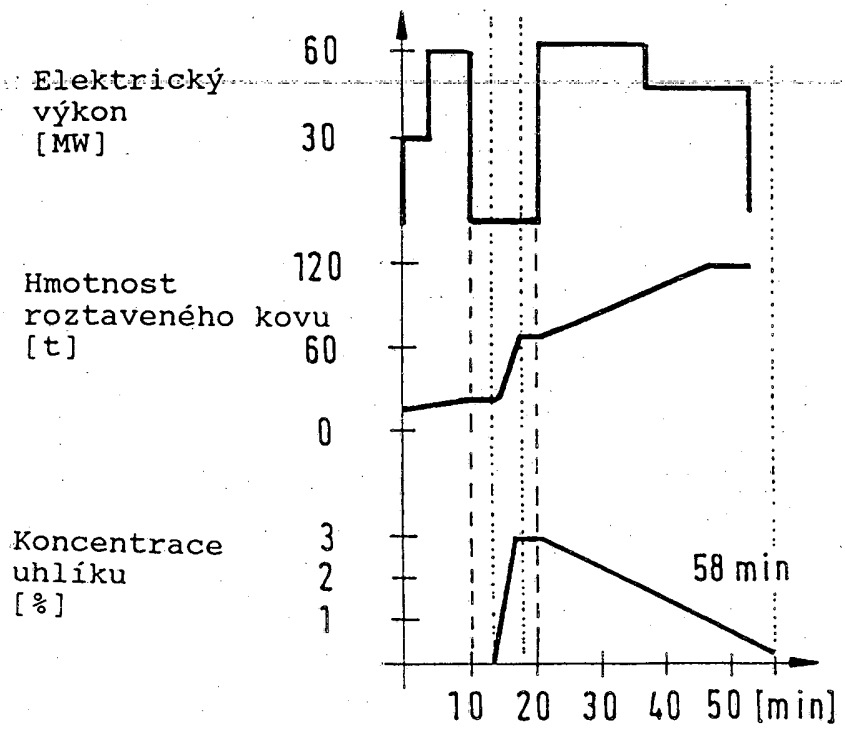
5. Způsob podle nároků 1 až 4, v y z n a č u j í c í s e t í m , že surové železo se přidává v množství mezi 20 % a 60 % celkového množství vsázky pece.

6. Způsob podle nároků 1 až 5, v y z n a č u j í c í s e t í m , že surové železo se přidává v množství menším než 4 % kapacity pece za minutu.

7. Způsob podle nároků 1 až 6, v y z n a č u j í c í s e t í m , že intenzita vhánění kyslíku O_2 na tunu kapacity pece je mezi 0,5 a 1 m^3/min.

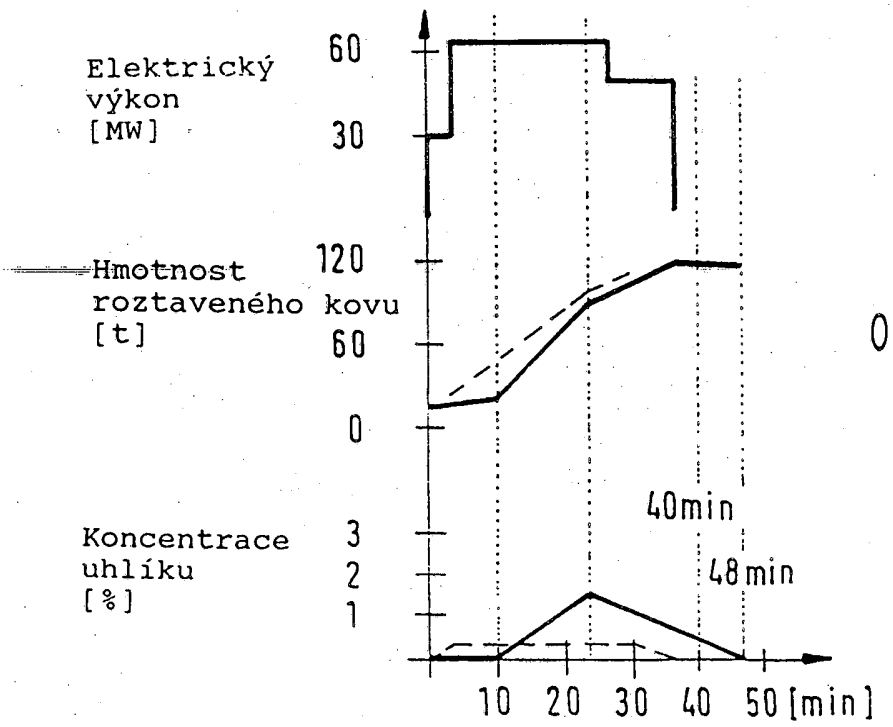
29.12.98 4359-98

Přidávání po dávkách



Obr. 1

Plynulé přidávání



Obr. 2