

FEDERÁLNÍ ÚŘAD
PRO VYNÁLEZY

POPIS VYNÁLEZU K PATENTU

272 761

(11)

(13) B2

(51) Int. Cl.⁵

C 21 C 7/10

(21) PV 3116-85
(22) Přihlášeno 29 04 85

(40) Zveřejněno 13 06 90
(45) Vydáno 02 12 91

(72) Autor vynálezu AGRAWAL BALKISHAN, OSSINING,
NEW YORK (US)
(73) Majitel patentu UNION CARBIDE CORPORATION, DANBURY,
CONNECTICUT (US)

(54) Způsob kontroly složení strusky kovové
lázně v konvertoru opatřeném žáruvzornou
vyzdívkou

(57) Postup kontroly složení strusky kovové lázně v konvertoru se žáruvzornou vyzdívkou se provádí při rafinaci této kovové lázně zaváděním plynného kyslíku v průběhu oxidační periody a neoxidujících plynů v průběhu redukční periody, přičemž potom následuje úprava stavu taveniny tak, aby struska měla předem určené množství oxidu hlinitého, oxidu křemičitého, oxidu vápenatého a oxidu hořečnatého s předem určeným poměrem oxidu hlinitého k oxidu křemičitému v rozmezí asi od 0,1 do 10. Postup zahrnuje šest stupňů, přičemž v prvním stupni se k lázni přidává hliník a křemík jako topné složky v kombinovaném podílu tvořeném 0 až 100 % hmotnostních hliníku a zbytek tvoří křemík, za účelem zvýšení teploty lázně na předem stanovenou úroveň a dosažení daného poměru Al_2O_3 k SiO_2 . Ve druhém stupni se upraví hmotnost Al_2O_3 a SiO_2 po dokončení prvního stupně podle vzájemného stechiometrického poměru mezi Al a Al_2O_3 a Si a SiO_2 a z hmotností Al, Al_2O_3 , Si a SiO_2 , které jsou přítomny před prvním stupněm. Ve třetím stupni se přidají hliník a křemík jako redukční složky za účelem provedení úplné redukce. Ve čtvrtém stupni se k lázni přidá křemík, k úpravě požadovaného stavu taveniny. V pátém stupni se provede úprava hmotností Al_2O_3 a SiO_2 , které jsou obsaženy ve strusce podle jejich vzájemných stechiometrických vztahů s hliníkem a křemíkem a z hmotností Al_2O_3 a SiO_2 před provedením třetího stupně a v šestém stupni se přidá oxid vápenatý a oxid ho-

řečnatý ve specifických množstvích k úpravě konečného stavu strusky.

Vynález se týká způsobu kontroly složení strusky kovové lázně v konvertoru, opatřeném žáruvzdornou vyzdívkou v postupu rafinace této kovové lázně, při kterém se zavádí plynný kyslík do této lázně v průběhu oxidační periody a neoxidující plyny v průběhu redukční periody, přičemž se úprava taveniny provádí takovým způsobem, aby měla struska po dokončení rafinačního procesu předem určené složení.

Při některých postupech se roztavený kov k rafinaci, prováděné v rafinačních nádobách, dopravuje. Roztaveným kovem může být jakákoliv ocel, jako například uhlíková ocel, nízkolegovaná ocel, nástrojová ocel a nerezavějící ocel, a jiné další kovy, jako jsou slitiny na bázi niklu a kobaltu. Rafinační operace sestává zpravidla z oduhličení kovové lázně nebo tavby a může také zahrnovat úpravu tepelného režimu kovové lázně (tzn. zahřívání lázně), odplynění, odsíření a odstraňování zavlečených neboli stržených prvků.

Postup podle vynálezu je možno zařadit mezi postupy, kdy se oduhličení a zahřívání (neboli úprava tepelného režimu) kovové lázně dosahuje vháněním plynného kyslíku do lázně, s výhodou podpovrchově, buď samotného, nebo ve směsi s jedním nebo s několika plyny ze skupiny zahrnující argon, dusík, amoniak, pára, oxid uhlíčitý, vodík, methan nebo vyšší uhlovodíky. Plyny se mohou zavádět do kovové lázně za pomoci různých běžně používaných dmychacích programů v závislosti na druhu oceli a na specifických plynech použitých v kombinaci s kyslíkem.

Při provádění redukční operace se v průběhu alespoň její části do kovové lázně vháňjí neoxidující plyny napomáhající dosažení rovnovážného stavu, přičemž dochází k reakcím mezi struskou a kovem.

Nejčastěji používaným způsobem rafinace kovu v ocelářském průmyslu je způsob argon-kyslíkového oduhličení označovaný jako "AOD" postup. Tento postup je v různých modifikacích popsán v patentech Spojených států amerických US 3 252 790, 3 046 107, 4 187 102 a 4 278 464.

V průběhu provádění oxidační periody tohoto rafinačního procesu dochází k zahřívání kovové lázně v důsledku probíhající exothermické oxidace, přičemž v následně prováděných stupních, tzn. v průběhu redukce a v průběhu konečné úpravy chemického složení, se obecně lázeň ochlazuje. V případech, kdy je nutné na počátku procesu rafinace provést zahřátí lázně, používá se v běžných postupech podle dosavadního stavu techniky přísady hliníku nebo křemíku, čímž se zajistí zvýšení teploty kovové lázně do takové míry, aby na začátku redukční periody byla tato teplota dostatečně vysoká a aby mohly být provedeny závěrečné fáze rafinačního postupu.

Po přepravě do rafinační nádoby obsahuje struska kromě již vytvořené strusky během transportu i předem vsazená zásaditá tavidla a sestává z kyselých oxidů, kterými jsou oxid křemičitý a oxid hlinitý, a ze zásaditých složek, kterými jsou oxid vápenatý a oxid hořečnatý, přičemž dále obsahuje struska i jiné složky, které jsou obsaženy v malých množstvích, a které nejsou podstatné. V průběhu rafinačního procesu se vytvářejí další kyselé oxidy a tyto oxidy se stávají součástí strusky, protože v průběhu tohoto procesu se oxidují hliník nebo křemík nebo jejich sloučeniny, jako například karbid křemíku, a vzniklé oxidy přispívají k již přítomnému obsahu těchto látek. V průběhu počáteční fáze zpracovávání dané taveniny nebo v oxidační fázi se vytvářejí acidické složky oxidací veškerého podílu křemíku obsaženého v přepravovaném kovu a oxidací buďto hliníku, nebo křemíku nebo jejich směsi, které se přidávají do kovové lázně jako topné složky k úpravě tepelného režimu (neboli k ohřátí lázně). V redukční periodě se vytvářejí acidické složky tehdy, jestliže se do kovové lázně přidává k redukci ostatních oxidů ze strusky hliník nebo křemík.

Zásadité sloučeniny, konkrétně oxid vápenatý a oxid hořečnatý, se přidávají běžně do lázně ve formě vápna, magnesitu nebo dolomitu v pevně stanovených množstvích podle zjištěného obsahu oxidu hlinitého a oxidu křemičitého ve strusce. Tyto přísady mohou být rozděleny do jednotlivých dávek, přičemž některé tyto podíly nebo celá dávka může být přidána do kovové lázně na začátku rafinačního procesu. Například je možno uvést, že se do

kovové lázně přidává 3,8 dílů dolomitu na každý hmotnostní díl křemíku, který je obsažen v transportované tavenině kovu, nebo může být tato dávka použita jako topná složka k zahřátí lázně nebo jako redukční látka. V současné době je to jediný prostředek, který má obsluha tohoto provozu k dispozici ke stanovení množství přísad, které mají být přidány do kovové lázně k nastavení chemického složení strusky. Jestliže se do lázně přidávají i v lázni oxidují takové sloučeniny jako je karbid vápníku, potom se vytvářejí také i zásadité oxidy.

Při provádění běžného postupu rafinace podle dosavadního stavu techniky se kyselé složky, dodávané do strusky, ve velké míře volí podle obsahu křemíku v transportované kovové tavenině a podle požadavků na úpravu tepelného režimu (tzn. ohřátí lázně) a provedení redukce, nezávisle na chemickém složení transportované taveniny kovu a strusky. Souběžně s redukční periodou nebo po jejím ukončení se běžně při nastavování konečného chemického složení přidává do taveniny křemík, který může být v čisté formě nebo ve formě sloučenin, za účelem dosažení určeného množství křemíku v tavenině, nezávisle na chemickém složení strusky při redukci. Podle toho také konečné chemické složení strusky při provádění postupů podle dosavadního stavu techniky od tavby k tavbě kolísá.

Nekontrolovatelné kolísání chemického složení strusky má následující negativní dopad na rafinační proces, na konečný produkt a na nádobu, ve které se tento rafinační proces provádí:

- Chemické složení strusky rozhodujícím způsobem ovlivňuje schopnost strusky odstraňovat z kovové lázně síru. Proměnlivé chemické složení strusky proto snižuje předvídatelnost dosažení daného konečného obsahu síry v kovu. To vede buďto k méně rovnoměrnému dosahování specifikovaného obsahu síry v kovu, nebo k používání strusek, které jsou nadměrně účinné ve své odsiřovací schopnosti a v důsledku toho zbytečně drahé, popřípadě pro daný proces příliš nákladné.
- Míra opotřebení vyzdívky nádoby, ve které se provádí rafinační proces, zejména magnetochromitové vyzdívky, závisí citlivě na chemickém složení strusky v tom, že změny poměru oxidu hlinitého k oxidu křemičitému ve strusce ovlivňují rychlost chemické koroze žáruvzdorných hmot, a tím i celkové náklady na proces. Náklady na žáruvzdorné hmoty lze optimalizovat pouze kontrolováním rovnovážného stavu všech složek strusky.
- Kromě toho, jestliže není možno předem určit míru opotřebení vyzdívky, potom také nelze předpovědět chemické složení oceli. Při rozpouštění magnezitochromitové žáruvzdorné hmoty dochází ke zvyšování obsahu oxidů železa a chromu ve strusce. Tyto oxidy, jejichž zvýšené množství vyplývá z opotřebení vyzdívky, potom reagují s kovovou lázní v průběhu redukční periody a vytvářejí kovové železo a chrom v kovové fázi a oxidují současně křemík z kovové fáze. Je proto ve stejné míře, v jaké je nepředvídatelný rozsah opotřebení vyzdívky, také i nepředvídatelný rozsah ztráty křemíku z kovové lázně a zvyšování obsahu železa a chromu v kovu.
- Viskozita strusky je funkcí jejího chemického složení a teploty. Neřízené změny chemického složení této strusky tedy ovlivňují snadnost nebo nesnadnost manipulace se struskou, účinnost rafinačního procesu cestou promíchávání strusky s kovem a dosažení rovnovážného stavu, které je předem určeno dosažením určitého obsahu slitinových prvků.

Lze tedy shrnout, že jestliže neexistuje způsob kontroly složení strusky, nebo jestliže je tento způsob pouze nedokonalý, potom zůstává její složení během rafinačního procesu neurčitě. Neurčité složení strusky ovlivňuje schopnost této strusky odstraňovat síru z kovové fáze. Tím se zmenšuje možnost dosažení předběžně určeného konečného obsahu síry v kovu. Na složení strusky je závislé i opotřebením žáruvzdorné vyzdívky v konvertoru, přičemž změny ve složení mají vliv na rychlost chemické koroze této žáruvzdorné vyzdívky, a tím i na celkové provozní náklady. Nestanovitelná rychlost opotřebení žáruvzdorné vyzdívky způsobuje to, že je také neurčité složení oceli takto produkované. Rozpouštění složek vyzdívky způsobuje zvyšování obsahu oxidu železa a oxidu chromu ve strusce, které potom reagují v redukční periodě na kovové železo a chrom v kovové lázni, přičemž se oxiduje

křemík z kovové lázně. Míra neurčitosti opotřebení žáruvzdorné vyzdívky způsobuje tedy i neurčitou ztrátu křemíku z kovové lázně a zvyšování obsahu chromu v kovu. Neurčité složení strusky ovlivňuje i viskozitu strusky s negativním vlivem na manipulovatelnost, účinnost rafinačního procesu a na dosažení rovnovážného stavu.

Cílem uvedeného vynálezu je tedy dosáhnout kontroly složení strusky kovové lázně při procesech rafinace této kovové lázně prováděné v konvertorech se žáruvzdornou vyzdívkou, při kterých se do této kovové lázně přivádí kyslík v průběhu oxidační periody a neoxidující plyny v průběhu redukční periody a proces se ukončí konečným nastavením požadovaného složení strusky. Touto kontrolou složení strusky při uvedených procesech by se odstranily nevýhody postupů podle dosavadního stavu techniky.

Podstata způsobu kontroly složení strusky kovové lázně v konvertoru opatřeném žáruvzdornou vyzdívkou v postupu rafinace této kovové lázně zaváděním plynného kyslíku do této lázně v průběhu oxidační periody a zaváděním neoxidujících plynů v průběhu redukční periody, a úprava stavu taveniny takovým způsobem, aby měla struska po dokončení rafinačního procesu složení odpovídající v podstatě následujícím určeným množstvím A % hmotn. oxidu hlinitého Al_2O_3 , B % hmotn. oxidu křemičitého SiO_2 , C % hmotn. oxidu vápenatého CaO a D % hmotn. oxidu hořečnatého MgO , přičemž poměr oxidu hlinitého k oxidu křemičitému odpovídá hodnotě v rozmezí od asi 0,1 do asi 10,0, spočívá podle uvedeného vynálezu v tom, že se

v prvním stupni přidává k lázni hliník a křemík jako topné složky k úpravě tepelného režimu, tzn. k ohřátí kovové lázně v kombinovaném podílu tvořeném 0 až 100 % hmot. hliníku a zbytek tvoří křemík, za zvýšení teploty lázně na předem stanovenou úroveň po dokončení oxidační periody, přičemž se dosáhne poměru oxidu hlinitého k oxidu křemičitému, který odpovídá hodnotě A/B;

ve druhém stupni se upraví hmotnost oxidu hlinitého a oxidu křemičitého, které jsou přítomny ve strusce po dokončení prvního stupně, podle vzájemného stechiometrického poměru mezi hliníkem a oxidem hlinitým a mezi křemíkem a oxidem křemičitým a z hmotností hliníku, oxidu hlinitého, křemíku a oxidu křemičitého, které jsou přítomny před provedením prvního stupně;

k lázni se přidá ve třetím stupni hliník a křemík jako redukční složky v libovolném časovém okamžiku po dokončení oxidační periody, přičemž se dosáhne v podstatě úplné redukce této lázně;

ve čtvrtém stupni se k lázni přidá křemík, což se provede současně s třetím stupněm nebo po provedení tohoto třetího stupně, přičemž se dosáhne požadovaného stavu taveniny v okamžiku dokončení rafinačního procesu;

v pátém stupni se provede úprava hmotností oxidu hlinitého a oxidu křemičitého, které jsou obsaženy ve strusce na konci rafinačního procesu podle jejich vzájemného stechiometrického vztahu s hliníkem a křemíkem a z hmotností oxidu hlinitého a oxidu křemičitého přítomných před provedením třetího stupně; a

v šestém stupni se přidá k této lázni oxid vápenatý a oxid hořečnatý tak, aby byly splněny následující rovnice:

$$CaO = \frac{C}{A + B} \cdot \left[AP_4 + SP_4 \right] - CP$$

$$MgO = \frac{D}{A + B} \cdot \left[AP_4 + SP_4 \right] - MP$$

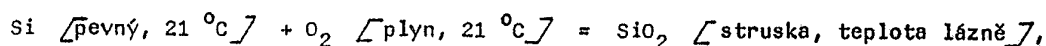
ve kterých znamená AP_4 hmotnost oxidu hlinitého v pátém stupni,
 SP_4 hmotnost oxidu křemičitého v pátém stupni,
 CP a MP jsou hmotnosti oxidu hořečnatého, které jsou již obsažené ve strusce,
 CaO a MgO jsou odpovídající hmotnosti oxidu vápenatého a oxidu hořečnatého přidávané v tomto šestém stupni, a
 A, B, C a D jsou předem určená procentuální množství.

Výhodně se hmotnost hliníku a křemíku v prvním stupni stanoví výpočtem požadované hmotnosti oxidu hlinitého, který se vytvoří z hliníku jako topné složky podle menší hodnoty získané z následujících rovnic:

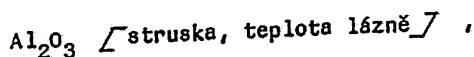
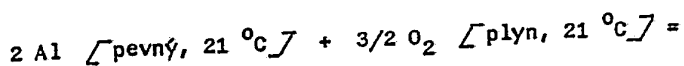
$$AF = \frac{X \cdot \left[\frac{H}{K_1} + SP_1 \right] - AP_1}{1 + \frac{K_2}{K_1} \cdot X}$$

$$AF = \frac{H}{K_2}$$

ve kterých znamená AF hmotnost oxidu hlinitého získaného v prvním stupni z přídavku hliníku jako topné složky,
 AP_1 je hmotnost oxidu hlinitého, který je přítomen ve strusce na začátku přivádění topných složek,
 SP_1 je hmotnost oxidu křemičitého, který je přítomen ve strusce na začátku přivádění topných složek,
 H je hodnota, která odpovídá zvýšení teploty vynásobenému efektivní hmotností kovové lázně a žáruvzdorných hmot podílejících se na tepelné rovnováze,
 K_1 je vypočtená konstanta představující teplo ve stupních na jednotku hmotnosti oxidu křemičitého, vytvořené na jednotku hmotnosti složek podílejících se na tepelné rovnováze podle následující rovnice :



K_2 je vypočtená konstanta představující teplo ve stupních na jednotku hmotnosti oxidu hlinitého, vytvořené na jednotku hmotnosti složek podílejících se na tepelné rovnováze podle následující rovnice :



a x je poměr A/B ,

přičemž potom se vypočte potřeba hliníku jako topné složky ze stechiometrického přepočtu z hodnoty pro AF ,

vypočte se požadovaná hmotnost oxidu křemičitého, který se získá přidavkem křemíku jako topné složky, podle následující rovnice :

$$SF = \frac{H - K_2 \cdot AF}{K_1}$$

ve které/znamená SF hmotnost oxidu křemičitého, získaného z křemíku jako topné složky, a nakonec se vypočte požadavek na křemík jako topnou složku ze stechiometrického přepočtu hodnoty pro SF .

Ve výhodném provedení podle vynálezu je pro hodnotu H , která je součinem požadovaného zvýšení teploty lázně ve stupních Celsia a hmotnosti teplotního systému v tunách, přičemž všechny ostatní hmotnosti jsou v kilogramech, hodnota K_1 15,6 a hodnota K_2 je 17,6.

Postup podle uvedeného vynálezu umožňuje dosažení požadovaného složení strusky, což dosud známými postupy podle dosavadního stavu techniky nebylo možné. Postup podle uvedeného vynálezu je možno aplikovat na fázi, kdy se provádí úprava tepelného režimu (tzn. kdy se provádí vyhřívání lázně přidáním topných složek), a/nebo na fázi redukování taveniny a/nebo na fázi konečné úpravy přidáváním specifikovaného množství křemíku. Tyto dvě uvedené poslední rafinační fáze budou ještě v dalším podrobně popsány. Množství stanovených přísad se dá vypočítat předem, přičemž přidávání se dá načasovat na oxidační periodu, na redukční periodu nebo na fázi konečné úpravy chemického složení, přičemž optimálních výsledků se dosahuje výpočtem přísady hliníku a křemíku pro každou uvedenou periodu.

Postup podle uvedeného vynálezu je možno kombinovat s postupem kontroly složení strusky kovové lázně v konvertoru opatřeném žáruvzdornou vyzdívkou v postupu rafinace prováděném redukováním taveniny. I tento postup se aplikuje v případech, kdy se v průběhu oxidační periody zavádí do lázně plynný kyslík a v průběhu redukční periody se zavádí do kovové lázně neoxidující plyny, přičemž struska má po dokončení rafinačního procesu složení odpovídající v podstatě A % hmot. oxidu hlinitého, B % hmot. oxidu křemičitého, C % hmot. oxidu vápenatého a D % hmot. oxidu hořečnatého, přičemž poměr oxidu hlinitého k oxidu křemičitému odpovídá předem stanovené hodnotě A/B v rozmezí od 0,1 do 10. Tento postup se aplikuje v případech, kdy není potřeba provádět úpravu tepelného režimu kovové lázně, tzn., že není potřeba přidávat do lázně topné složky. Tento postup se provádí následujícím způsobem :

v prvním stupni se přidává k lázni hliník a křemík jako redukční složky v kombinovaném podílu tvořeném 0 % až 100 % hmot. hliníku a zbytek tvoří křemík za účelem v podstatě dokončení redukce taveniny a v relativním podílu takovém, že poměr oxidu hlinitého k oxidu křemičitému ve strusce v podstatě odpovídá hodnotě A/B ,

ve druhém stupni se upraví hmotnosti oxidu hlinitého a oxidu křemičitého, které jsou přítomné ve strusce po dokončení redukce lázně, ze stechiometrického poměru mezi hliníkem a oxidem hlinitým a mezi křemíkem a oxidem křemičitým a z hmotností hliníku, oxidu hlinitého, křemíku a oxidu křemičitého před provedením prvního stupně,

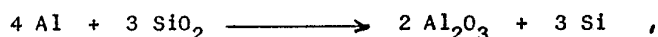
ve třetím stupni se k lázni přidá křemík současně s provedením prvního stupně nebo po provedení tohoto prvního stupně podle potřeby tak, aby byl zajištěn požadovaný stav taveniny po dokončení rafinačního procesu, a

ve čtvrtém stupni se přidá k lázni oxid vápenatý a oxid hořečnatý tak, aby byly splněny již uvedené rovnice pro výpočet CaO a MgO .

Postup podle uvedeného vynálezu je možno také kombinovat buďto jako samostatný, nebo v kombinaci s předchozím postupem se způsobem kontroly složení strusky kovové lázně v konvertoru opatřeném žáruvzdornou vyzdívkou v postupu rafinace prováděném přidávkem specifického množství křemíku k vyhřáté tavenině. Tento postup lze kombinovat s jedním nebo s oběma výše uvedenými postupy v případech, kdy jsou k tomu výhodné podmínky. Také i tento postup úpravy složení strusky přidávkem specifického množství křemíku k vyhřáté lázni se v oxidační a redukční periodě provádí shora uvedeným způsobem, přičemž se dosahuje již uvedených předem stanovených obsahů oxidu hlinitého, oxidu křemičitého, oxidu vápenatého a oxidu hořečnatého ve strusce. Tento postup se provádí následujícím způsobem:

V prvním stupni se vypočte množství specifikovaného křemíku, který se přidává k dosažení požadovaného stavu taveniny po dokončení rafinačního procesu, vynásobením hmotnosti kovu v lázni požadovaným procentuálním množstvím křemíku v lázni po dokončení rafinačního procesu,

ve druhém stupni se přidá hliník v kombinovaném podílu 0 až 100 % a zbytek tvoří křemík potřebný jak k dosažení obsahu specifikovaného křemíku v prvním stupni tak i k dosažení předem zvoleného poměru $X = A/B$ podle následující rovnice :



ve třetím stupni se upraví hmotnost oxidu hlinitého a oxidu křemičitého ve strusce po dokončení druhého stupně podle jejich vzájemných stechiometrických poměrů s hliníkem a křemíkem a podle hmotnosti oxidu hlinitého a oxidu křemičitého ve strusce před provedením druhého stupně, a

ve čtvrtém stupni se k lázni přidává oxid vápenatý a oxid hořečnatý, tak, aby byly splněny již shora uvedené rovnice pro CaO a MgO .

Ve výhodném provedení podle vynálezu je uvedený zpracovávaný kov vybrán ze skupiny zahrnující uhlíkaté oceli, nízkolegované oceli, nerezové oceli, nástrojové oceli, a slitiny na bázi niklu a kobaltu.

Také je výhodné při provádění postupu podle vynálezu, jestliže je žáruvzdornou vyzdívkou v žáruvzdorném konvertoru magnesit-chromitový materiál.

Postup podle uvedeného vynálezu je zvláště vhodný k aplikování na ACD-postup, který byl již výše definován, ovšem je možno jej také aplikovat i na jiné konvertorové procesy, jako jsou například postupy: "KVOD", "VODC", "VOD" a "CLU", a také použitelný k aplikování na postupy "BOF" a "Q-BOP", které byly již uvedeny v patentech podle dosavadního stavu techniky, jestliže se redukce provádí v nádobě, do které se k dosažení rovnovážného stavu v průběhu redukce zavádí plyn pod hladinu roztaveného kovu. Obecně je postup podle vynálezu použitelný při všech rafinačních postupech, při kterých může být množství každého oxidu, vzniklého ve strusce, stanoveno výpočty hmotnostní rovnováhy nebo statistickými výpočty a kde se redukce strusky provádí v rafinační nádobě.

Postup rafinace podle vynálezu zahrnuje tedy oxidační periodu, při které dochází k oduhličení a k úplnému zahřátí kovové lázně, a redukční periodu, při které dochází k redukci oxidovaných legujících prvků a/nebo k redukci železa ze zásadité strusky. Rafinační proces se ukončuje konečným nastavením chemického složení lázně podle předem určených parametrů pro danou taveninu. Redukční perioda a konečné nastavení chemického složení se označuje obecně jako ukončovací operace rafinačního procesu při oxidaci.

Při provádění postupu podle vynálezu se složení strusky lázně po ukončení rafinačního procesu bude rovnat předem zvolenému obsahu, tvořenému v podstatě A % hmot. oxidu hlinitého, B % hmot. oxidu křemičitého, C % hmot. oxidu vápenatého a D % hmot. oxidu hořečnatého, přičemž poměr X oxidu hlinitého k oxidu křemičitému se rovná předem zvolené hodnotě v rozmezí od asi 0,1 do 10,0. Předem zvoleného chemického složení při dokončování rafinace se dosáhne pomocí kontroly kombinovaného podílu hliníku a křemíku za účelem dosažení předem zvoleného poměru oxidu hlinitého k oxidu křemičitému ve strusce, z pokud možno co nejúplněji určených hodnot, přičemž se současně vyhoví požadavku na úpravu tepelného režimu, tzn. vyhřívání kovové lázně, požadavkům na redukci a na konečný obsah křemíku v kovové lázni v daných intervalech, odpovídajících konci oxidační periody, redukční periody a konečné úpravy chemického složení. Stanovené množství přísad je možno vypočítat předem a přidávání těchto přísad se dá načasovat na oxidační periodu nebo na redukční periodu nebo na operaci konečné úpravy chemického složení, přičemž optimálních výsledků se dosahuje výpočtem přísady hliníku a křemíku pro každou periodu k dosažení předem zvoleného poměru oxidu hlinitého k oxidu křemičitému na konci oxidační periody a na konci redukční periody a na konci periody konečné úpravy chemického složení, takže tavba po ukončení rafinačního procesu dosáhne předem zvoleného složení strusky.

Ovšem za určitých extrémních situací může kombinace počátečního složení strusky a kovu, požadavků na úpravu tepelného režimu (tzn. vyhřívání lázně), na provedení redukce a na dosažení specifikovaného obsahu křemíku a příslušné předem zvolené chemické složení strusky, zamezit možnosti plně dosáhnout požadovaného předem zvoleného chemického složení strusky, i přes aplikaci kombinované přísady hliníku a křemíku jako topných složek přidávaných k vyhřívání lázně, provedení redukce a provedení úpravy specifikovaného obsahu křemíku. Jestliže například kov transportovaný do rafinační nádoby obsahuje velmi vysoké množství křemíku a kovová lázeň vyžaduje pouze malé množství přidávané topné složky nebo redukčních přísad a předem stanovený poměr oxidu hlinitého k oxidu křemičitému je velmi vysoký, potom i při přidávání pouhého hliníku při praktickém provedení úpravy tepelného režimu (vyhřívání lázně), redukce a konečné úpravy za účelem dosažení specifikovaného obsahu křemíku formou nepřímé přísady hliníku, nemusí stačit k dosažení požadovaného předem stanoveného chemického složení strusky. V takových extrémních a neobvyklých případech by použití postupu podle vynálezu představovalo metodu vedoucí k dosažení chemického složení strusky, které je nejbližší k předem stanovenému vyhovujícímu chemickému složení ze všech možných dosažitelných výsledků dosažitelných přísadou kombinovaných podílů hliníku a křemíku. Za těchto předpokladů je také možné, a ve skutečnosti také pravděpodobnější, že předem zvoleného chemického složení strusky nemusí být zcela přesně dosaženo, jestliže se použije méně výhodná provedení postupu podle vynálezu, zvláště jestliže se postup podle vynálezu aplikuje pouze na fázi úpravy tepelného režimu kovové lázně (tzn. na fázi vyhřívání lázně) nebo na samotnou redukční periodu. Podle výše uvedeného se tedy termínem "dosažení předem zvoleného chemického složení strusky" podle uvedeného vynálezu míní spíše snaha o dosažení pokud možno co nejbližšího chemického složení strusky k požadovanému předem zvolenému chemickému složení strusky bez nákladů souvisejících s tak zvaným dvoustruskovým procesem. Označením "dvoustruskový proces" se míní nahrazení strusky v rafinační nádobě úplným nebo částečným odstraněním této strusky z nádoby a následným přidáním dalších struskotvorných materiálů.

Při praktickém provádění postupu podle vynálezu se kontrola chemického složení strusky kovové lázně v konvertoru se žáruvzdornou vyzdívkou v průběhu rafinace lázně, prováděné zaváděním plynného kyslíku v průběhu oxidační periody a zaváděním neexistujícího plynu v průběhu redukční periody, přičemž struska při ukončení rafinačního procesu má předem zvolené složení, tvořené v podstatě A % hmot. oxidu hlinitého, Al_2O_3 , B % hmot. oxidu křemičitého SiO_2 , C % hmot. oxidu vápenatého CaO a D % hmot. oxidu hořečnatého MgO , a poměr X oxidu hlinitého k oxidu křemičitému má předem zvolenou hodnotu v rozmezí od 0,1 do 10, se postupuje následujícím způsobem:

- v první fázi se vypočte množství hliníku a křemíku, které má být přidáno do taveniny k jejímu zahřátí (úprava tepelného režimu) v kombinovaném podílu tvořeném 0 až 100 % hliníku a zbytek představuje křemík, za účelem provedení požadovaného zvýšení teploty kovové lázně po dokončení oxidační periody a dosažení požadovaného relativního poměru X oxidu hlinitého k oxidu křemičitému při ukončení oxidační periody, přičemž se bere v úvahu složení strusky a kovu na začátku oxidační periody;
- v druhé fázi se provede přidání topných složek, to znamená sloučenin hliníku a křemíku, jejichž množství bylo vypočteno v předchozí fázi, do kovové lázně kdykoliv v průběhu oxidační periody, přičemž dojde k oxidaci těchto přidávaných topných složek;
- v třetí fázi se vypočte hmotnost hliníku a křemíku ve formě oxidů ve strusce po ukončení druhé fáze postupu;
- ve čtvrté fázi se vypočte množství hliníku a křemíku, jež mají být přidány do taveniny jako redukční činidla v kombinovaném podílu tvořeném 0 až 100 % hmot. hliníku a zbytek tvoří křemík, za účelem dosažení v podstatě dokonalé redukce lázně a požadovaného poměru X oxidu hlinitého k oxidu křemičitému při ukončení redukční periody s ohledem na složení strusky při ukončení druhé fáze postupu;
- v páté fázi se přidá vypočtené množství redukčních činidel stanovené ve čtvrté fázi do kovové lázně kdykoliv po ukončení oduhličení;
- v šesté fázi se vypočte očekávaný hmotnostní podíl oxidu hlinitého a oxidu křemičitého ve strusce po ukončení redukce kovové lázně;
- v sedmé fázi se vypočte množství křemíku, které má být přidáno k dosažení žádaného podílu křemíku v tavenině po ukončení rafinačního procesu;
- jestliže je očekávaný poměr oxidu hlinitého k oxidu křemičitému roven zvolené hodnotě X po ukončení redukce, potom se v osmé fázi množství křemíku vypočtené podle sedmé fáze přidává do taveniny současně nebo následně s provedením operace podle páté fáze;
- jestliže je poměr oxidu hlinitého k oxidu křemičitému vypočtený v šesté fázi menší, než předem zvolená hodnota X , potom se v deváté fázi, vypočte podíl hliníku v rozmezí od 0 do 100 % hmot. a zbytek představuje křemík, potřebný jak k dosažení specifického obsahu křemíku v tavenině, tak i k dosažení předem zvoleného poměru X v souladu s následující reakcí :



- v desáté fázi se přidá hliník a křemík, jejichž množství bylo vypočteno v deváté fázi, což se provede současně nebo po provedení páté fáze procesu,
- v jedenácté fázi se vypočte očekávaný hmotnostní podíl oxidu hlinitého a oxidu křemičitého obsažený ve strusce po aplikaci osmé nebo desáté fáze postupu,
- ve dvanácté fázi se vypočte množství oxidu vápenatého a oxidu hořečnatého, které mají být přidány do strusky k dosažení předem zvoleného chemického složení strusky na základě vypočtených hmotností oxidu hlinitého a oxidu křemičitého, přítomných po provedení jedenácté fáze a na základě množství těchto sloučenin již ve strusce přítomných, a
- ve třinácté fázi se přidá oxid vápenatý a oxid hořečnatý, jejichž množství bylo vypočteno ve dvanácté fázi postupu, do taveniny kdykoliv v průběhu rafinačního procesu.

Často se očekávaná množství oxidu vápenatého a oxidu hořečnatého pro danou tavbu dávkuje předem do rafinační nádoby, dříve, než se do ní přivádí kovová tavenina. V takových případech se celkový požadavek na přidávané množství sloučenin, vypočtený podle uvedeného vynálezu, snižuje o množství předem vsazených látek do rafinační nádoby od výpočtu udávajícího množství následně přidávaných přísad na bázi oxidu vápenatého a oxidu hořečnatého.

V následujících tabulkách č. I a II je provedeno porovnání běžně prováděného rafinačního postupu podle dosavadního stavu techniky, prováděného v rafinační nádobě zaváděním plyného kyslíku pod povrch lázně, a postupu podle vynálezu.

T a b u l k a č. I

Postup rafinace kovové taveniny podle dosavadního stavu techniky

Postup	Transportovaný obsah Si (%)	Praktické provedení fáze		Výsledné chemické složení strusky				
		přidávání tepných látek /kg/	redukce /kg/	úpravy obsahu Si /kg/	Al ₂ O ₃ /%/	SiO ₂ /%/	CaO /%/	MgO /%/
A	0,1	45,4 Al	5,9 Si	18,1 Si	35	9	34	23
B	0,4	31,8 Al	5,9 Si	18,1 Si	19	22	36	24
C	0,1	45,4 Al	7,3 Al	18,1 Si	41	33	33	22
D	0,4	31,8 Al	7,3 Al	18,1 Si	26	16	35	23

T a b u l k a č. II

Postup rafinace kovové taveniny s kontrolou složení strusky podle uvedeného výsledku

Postup	Transportovaný obsah Si /%/	Předem zvolené chemické složení strusky				Praktické provedení postupu ve fázi přidávání			
		Al ₂ O ₃ /%/	SiO ₂ /%/	CaO /%/	MgO /%/	topných látek /kg/	redukce /kg/	úprava obsahu Si	/kg/
A	0,1	9	36	40	15	7,7 Al 37,6 Si	1,4 Al 4,5 Si	18,1 Si	
B	0,4	9	36	40	15	7,7 Al 24,0 Si	1,4 Al 4,5 Si	18,1 Si	
C	0,1	28	7	40	25	44,5 Al 0,9 Si	5,9 Al 1,4 Si	18,1 Si	
D	0,4	28	7	40	25	31,8 Al	7,3 Al	9,5 Al 10,9 Si	

V porovnávaných postupech, jejichž výsledky jsou uvedeny v tabulkách č. I a II, bylo složení přepravovaného kovu v podstatě stejné s výjimkou obsahu křemíku v transportovaném kovu, který se odlišoval stejným způsobem pro postupy A a B a pro postupy C a D v obou sadách předložených příkladů. Ve všech postupech bylo rafinováno 4 536 kg kovu a tavby byly zpočátku prosté oxidu hlinitého, oxidu křemičitého, oxidu vápenatého a oxidu hořečnatého. Ostatní oxidy přítomné ve formě oxidu železa, oxidu manganu a oxidu chromu, které se musí redukovat na čistý kov v redukčním stupni, obsahovaly 6,8 kilogramu kyslíku. Určený obsah křemíku na konci rafinace byl 0,40 % hmot. Ve všech případech bylo také požadováno zvýšení teploty kovové lázně o 222 °C a také se předpokládalo, že v souvislosti s odhadem potřeby přísad topných složek se tepelných reakcí zúčastnilo 2 948 kilogramů žáruvzdorných hmot a v podstatě žádná struska.

Při provádění postupu podle dosavadního stavu techniky, jehož výsledky jsou uvedeny v tabulce č. I, se ukazuje nedostatečná kontrola chemického složení strusky, očekávaného při rafinaci kovové lázně vháněním kyslíku do této lázně, zejména pro případ rafinace uhlíkatých a nízkolegovaných druhů ocelí. Ve všech případech A až D v postupech podle tabulky č. I je návod na určení množství oxidu vápenatého a oxidu hořečnatého, které má být přidáno do strusky, založen na zavedené praxi, při které se přidává 3,8 kilogramu dolomitického vápna na 1 kilogram křemíku v přepravovaném kovu, topných složkách nebo v redukčním činidle, a 1,02 kilogramu dolomitického vápna na 1 kilogram hliníku, který je přidáván jako topná složka nebo jako redukční činidlo. Dolomitický vápenec se skládá ze 60 % hmot. oxidu vápenatého a 40 % hmot. oxidu hořečnatého. Ve všech čtyřech případech A až D byl k úpravě tepelného režimu lázně nutný stejný stupeň zvýšení teploty, přičemž jako topné složky byl použit přídatek hliníku, jakožto doplněk k počátečnímu obsahu křemíku. V případech B a D zajišťovaly vyšší obsahy křemíku v přepravovaném kovu větší obsah topné složky a bylo proto zapotřebí méně hliníku, než v případech A a C. Postupy podle A a B ilustrují případ, při kterém se k redukci používá křemíku. Neplánované kolísání obsahu křemíku v transportovaném kovu v případech postupů A a B způsobuje změnu obsahu oxidu hlinitého ve strusce o 16 % hmot., oxidu křemičitého o 13 % hmot., oxidu vápenatého o 2 % hmot. a oxidu hořečnatého o 1 % hmot. Podobné změny chemického složení se vyskytují v případech postupů C a D, kde byla redukce prováděna přísadou hliníku místo křemíku.

Na rozdíl od tohoto postupu podle dosavadního stavu techniky je podle tabulky č. II, která ilustruje postup podle vynálezu, chemické složení strusky předem zvoleno a přísady topných složek, redukčního činidla a křemíku k dosažení tohoto předem specifikovaného obsahu jednotlivých složek ve strusce se stanovují za účelem dosažení tohoto chemického složení strusky, přičemž se současně splňují požadavky na provedení redukce, na úpravu tepelného režimu (požadované zvýšení teploty) a na úpravu specifického obsahu křemíku. Metody stanovení celkových potřeb procesu z hlediska provedení úpravy tepelného režimu a provedení redukce, to znamená stanovení zvýšení teploty a tepelné kapacity systému a stanovení množství kyslíku, který se má v redukční periodě redukovat, jsou všeobecně pracovníkům pracujícím v daném oboru zřejmě a není je třeba rozvádět v popisu tohoto vynálezu. Praktické provedení postupu podle vynálezu však nezávisí na přesném stanovení úpravy tepelného režimu kovové lázně, tzn. stanovení zvýšení teploty lázně. Jestliže se stanoví potřeba zvýšení teploty lázně nepřesně, ale postup podle vynálezu se provede správným způsobem, bude výsledná struska stále odpovídat předem stanovenému konečnému složení a výsledný obsah křemíku bude souhlasit s předem určeným obsahem křemíku, avšak kovová lázeň bude mít při redukci nevhodnou teplotu k odpíchnutí tavby. Muselo by se tedy provést nápravné opatření k úpravě teploty lázně buď podle vynálezu, nebo jiným způsobem.

Postupy A a B v tabulce č. II ilustrují metody, jakými je možno podle vynálezu dosáhnout vytvoření strusky s poměrně nízkou odsiřovací schopností a s nízkou korozivitou pro magnesitochromitové žáruvzdorné materiály nezávisle na neplánovaných změnách obsahu křemíku v transportovaném kovu. Postupy C a D ilustrují metody, jakými je možno dosáhnout vytvoření strusky se silnou odsiřovací schopností, přičemž tato struska má

také nízkou korozivitu vůči magnezitochromitovým žáruvzdorným hmotám při stejných odchylkách obsahu křemíku v transportovaném kovu. V postupu D se specifikovaného obsahu křemíku dosahuje při konečné úpravě chemického složení přísadou křemíku a hliníku.

Při provádění postupu podle vynálezu se používá kombinovaného přídatku tvořeného 0 až 100 % hmot. hliníku, přičemž zbytek tvoří křemík, jak k zajištění zvýšení teploty kovové lázně (úprava tepelného režimu), tak i redukci lázně a k dosažení předem zvoleného chemického složení strusky, které představuje A % hmot. oxidu hlinitého, B % hmot. oxidu křemičitého, C % hmot. oxidu vápenatého a D % hmot. oxidu hořečnatého při specifickém poměru oxidu hlinitého k oxidu křemičitému A/B v rozmezí od 0,1 do 10,0. Volba optimálního procentuálního obsahu každé složky ve strusce pro předem zvolené složení strusky na konci rafinačního procesu nespadá do rozsahu uvedeného vynálezu.

Výsledná struska sestává v podstatě z těchto složek: oxid hlinitý, oxid křemičitý, oxid vápenatý a oxid hořečnatý, přičemž ostatní složky mají pouze menší význam. Pro zjednodušení se při bližším objasňování podstaty uvedeného vynálezu předpokládá, že uvedené čtyři složky tvoří 100 % hmot. strusky. Avšak i v případech, kdy tyto čtyři složky tvoří méně než 100 % hmot. strusky, spadá tento postup do rozsahu uvedeného vynálezu.

I přesto, že byl postup podle vynálezu popisován tak, že se nejdříve provádí fáze vyhřívání lázně (úprava tepelného režimu kovové lázně), potom se provádí redukce a nakonec konečné nastavení chemického složení, mohou se jednotlivé stupně provádět v jakémkoliv pořadí, přičemž se kterýkoliv z uvedených tří stupňů může v průběhu rafinace daného kovu provádět více než jednou. Například se vsázka může zahřívát a potom redukovat, a potom znovu zahřívát a redukovat, přičemž potom se provede konečné upravení chemického složení. Různé variace v provádění chronologického sledu jednotlivých stupňů, včetně možnosti opakovaného provádění jednotlivých stupňů, nijak neomezují rozsah uvedeného vynálezu a jeho aplikovatelnost, přičemž ale další popis postupu podle vynálezu bude omezen pouze na výhodný chronologický sled provádění jednotlivých stupňů.

První stupeň postupů podle uvedeného vynálezu se provádí v průběhu oxidační periody a zahrnuje přidávání vypočteného množství hliníku a křemíku, které jsou potřebné jako topné složky pro dosažení požadovaného zvýšení teploty kovové lázně po ukončení oxidační periody, přičemž přidávání těchto látek se provádí v takovém podílu, který je vhodný k dosažení poměru x oxidu hlinitého k oxidu křemičitému při ukončení oxidační periody se zřetelem na složení kovu a strusky na konci oxidační periody. Při provádění postupu podle vynálezu se poměr oxidu hlinitého k oxidu křemičitému na konci oxidační periody má blížit předem stanovenému chemickému složení, nemusí se však s tímto složením přesně shodovat.

Totéž platí pro redukční periodu, přičemž je třeba vzít v úvahu to, že postup podle uvedeného vynálezu umožňuje provedení konečného nastavení chemického složení, které se provádí stanoveným způsobem, a při kterém se dosahuje požadovaného poměru oxidu hliníku k oxidu křemičitému. Při provádění postupu podle vynálezu je možno pro výpočet množství přidávaných topných složek v průběhu oxidační periody použít kterýkoliv z běžně známých metod, čímž se omezí postup na kontrolu chemického složení strusky v redukční periodě a při konečném nastavování chemického složení. Při tomto modifikovaném postupu podle vynálezu se přísada topných složek vypočítává jakožto kombinovaný pevně stanovený podíl tvořený 0 až 100 % hmot. hliníku, přičemž zbytek tvoří křemík, přičemž tato přísada slouží k úpravě tepelného režimu kovové lázně (provedení požadovaného zvýšení teploty lázně), a teprve potom se provádí úprava chemického složení strusky přídatkem předem stanovené směsi hliníku a křemíku v redukční periodě a přísadou křemíku v závěrečné fázi úpravy konečného složení strusky, jak bude ještě v dalším uvedeno. Podíl hliníku a křemíku, které jsou použity jako topné složky v oxidační fázi tohoto modifikovaného postupu podle vynálezu, je stejný pro všechny zpracovávané taveniny, bez ohledu na obsah křemíku v transportované tavenině a na potřebu úpravy tepelného režimu kovové lázně (respektive potřebu zahřátí lázně), přičemž by měl být tento pevný kombinovaný podíl takový, aby struska vytvořená na konci tohoto stupně zahřívání taveniny měla upravitelné složení na předem stanovené chemické složení.

Z různých důvodů se pro každý z uvedených tří stupňů rafinace může volit různá hodnota poměru X , udávající poměr množství oxidu hlinitého k oxidu křemičitému. Například v případech, kdy se přidaná topná složka oxiduje před provedením oduhličení kovové lázně, může se volit nižší poměr oxidu hlinitého k oxidu křemičitému ve stupni úpravy tepelného režimu (při zahřívání kovové lázně), aby se předešlo výhozu z konvertoru, přičemž v následujícím zpracování je možno volit vyšší poměr oxidu hlinitého k oxidu křemičitému, aby se dosáhlo většího odsíření.

Podobně je možno v alternativním provedení použít běžné provedení redukční periody, čímž se omezí způsob kontrolování chemického složení strusky pouze na konečnou fázi, která je v tomto popisu označována jako konečné nastavení chemického složení strusky, nebo na kombinaci kontroly v tomto stupni a oxidační periodě. Jinak řečeno, postup podle uvedeného vynálezu se nemusí aplikovat pouze na samotnou závěrečnou fázi, tzn. na periodu konečného nastavení chemického složení strusky, nebo pouze na oxidační periodu nebo pouze na redukční periodu, ale je možno je aplikovat v kterémkoliv stupni rafinace nebo v kterékoliv kombinaci libovolných stupňů rafinace. Podle uvedeného vynálezu je však výhodné, aby se složení strusky kontrolovalo kromě periody konečného nastavování chemického složení strusky i v průběhu oxidační periody a v průběhu redukční periody.

Výhodné provedení postupu podle uvedeného vynálezu bude ilustrováno následujícím detailním popisem jednotlivých fází tohoto postupu :

1.1 Žádané chemické složení strusky je A % hmot. oxidu hlinitého, B % hmot. oxidu křemičitého, C % hmot. oxidu vápenatého a D % hmot. oxidu hořečnatého, přičemž platí :

$$A + B + C + D = 100 \% \quad \text{a hodnota } A/B = X = 0,1 \text{ až } 10,0.$$

1.2 Vypočte se hmotnost hliníku a křemíku jako přidávaných topných složek k úpravě tepelného režimu kovové taveniny (požadované zvýšení teploty lázně) v průběhu oxidační periody, a k dosažení poměru X oxidu hlinitého k oxidu křemičitému, což se provede podle následujících rovnic a zvolí se menší hodnota získaná z těchto rovnic :

$$AF = \frac{X \cdot \left[\frac{H}{K_1} + SP_1 \right] - AP_1}{1 + \frac{K_2}{K_1} \cdot X}$$

$$AF = \frac{H}{K_2}$$

přičemž v těchto rovnicích znamená

AF hmotnost oxidu hlinitého získaného v prvním stupni z přidavku hliníku jako topné složky,

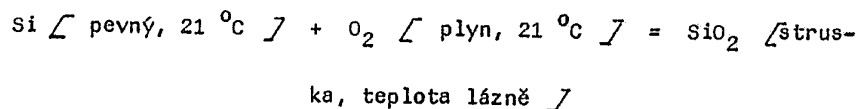
AP_1 je hmotnost oxidu hlinitého obsaženého ve strusce v oxidační periodě před přidáním topných složek. Tato hodnota se rovná hmotnosti hliníku, zavedeného do rafinační nádoby buď jako část

veškerého vsázkového kovu, nebo jako přísada násobená 102/54 plus hmotnost hliníku vneseného do rafinační nádoby s transportovanou struskou,

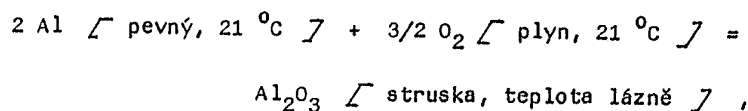
SP_1 je hmotnost oxidu křemičitého obsaženého ve strusce v oxidační periodě před přidáním topných složek. Tato hmotnost je rovna hmotnosti křemíku zavedeného do rafinační nádoby v transportovaném kovu plus hmotnost křemíku zavedeného prostřednictvím přidávaných slitin krát 60/20 a dále plus hmotnost oxidu křemičitého zavedeného do rafinační nádoby s veškerým podílem transportované strusky,

H je potřebný vzrůst teploty násobený efektivní hmotnostmi lázně kovu a strusky a podílu žáruvzdorných materiálů podílejících se na tepelné rovnováze. Při určení tepelného režimu se bere v úvahu potřebné zvýšení teploty, které je nutno provést, aby byla tavenina zahřáta z počáteční teploty na požadovanou konečnou teplotu v této fázi rafinace, přičemž se berou v úvahu i tepelné ztráty, ke kterým dochází v průběhu zahřívání kovové lázně, a ochlazovací účinek všech přísad přidávaných do rafinační nádoby,

K_1 je teplo ve stupních na jednotku hmotnosti oxidu křemičitého vytvořené z jednotky hmotnosti složek podílejících se na tepelné rovnováze podle následující rovnice :



K_2 je teplo ve stupních na jednotku hmotnosti oxidu hlinitého vytvořené z jednotky hmotnosti složek podílejících se na tepelné rovnováze podle následující rovnice :



K_1 a K_2 jsou konstanty o výhodných hodnotách 15,6 a 17,6 pro H jako hodnotu získanou vynásobením požadovaného zvýšení teploty kovové lázně ve stupních Celsia hmotnostmi tepelného systému v tunách, přičemž ostatní hmotnosti jsou v kilogramech ;

- jakmile se vypočte hodnota AF , potom množství hliníku jako topné složky, která se má přidat k lázni je rovné hodnotě AF násobené 54/102 minus množství hliníku již obsažené v kovu,
- množství oxidu křemičitého, které se má vytvořit přidávkem křemíku jako topné složky je dáno vztahem :

$$SF = \frac{H - K_2 \cdot AF}{K_1}$$

kde SF znamená hmotnost oxidu křemičitého získaného přidáním křemíku jako topné složky a ostatní symboly mají stejný význam jako je uvedeno shora,

- jakmile se vypočte hodnota SF, potom množství křemíku jako topné složky, která se má přidat k tavenině, se rovná DF krát 28/60, minus hmotnost křemíku již obsaženého v kovu.

- 1.3 Do taveniny se přidají jako topné složky hliník a křemík ve vypočteném kombinovaném podílu, přičemž tato přísada se provede kdykoliv v průběhu oxidační periody, přičemž dojde k oxidaci těchto topných složek.
- 2.0 Druhý stupeň postupu podle vynálezu zahrnuje výpočet množství oxidu hlinitého a oxidu křemičitého, které vznikají redukcí kovové lázně při dosažení v podstatě dokonalé redukce a při dosažení požadovaného poměru oxidu hlinitého k oxidu křemičitému X ve strusce po redukcí, přičemž se bere v úvahu chemické složení strusky po ukončení oxidační periody. Pro účely tohoto vynálezu se redukce považuje za v podstatě dokonalou, jestliže se v podstatě úplně redukují oxidy železa, manganu a chromu na kovovou formu těchto prvků. Tento výpočet se s výhodou provede následujícím způsobem :
- 2.1 Množství oxidu hlinitého AP_2 a oxidu křemičitého SP_2 obsaženého ve strusce po oxidační periodě, se vypočte na základě těchto rovnic :

$$AP_2 = AP_1 + AF$$

$$SP_2 = SP_1 + SF$$

- 2.2 Vypočte se množství hliníku a křemíku, které je potřebné k redukcí kovové lázně a k dosažení poměru X oxidu hlinitého k oxidu křemičitému. Požadované množství oxidu hlinitého, které se má vytvořit v průběhu redukce AR je dáno následujícími rovnicemi :

$$X \cdot \left[\frac{R}{K_3} + SP_2 \right] - AP_2$$

$$AR = \frac{\quad}{1 + \frac{K_4}{K_3} \cdot X}$$

$$AR = \frac{R}{K_4}$$

ve kterých znamená R obsah kyslíku ve strusce, který se má redukovat reakcí s hliníkem a s křemíkem; vypočte se odečtením množství kyslíku, který oxiduje hliník, křemík nebo uhlík od celkového množství kyslíku vneseného do taveniny v průběhu zpracovávání,

- K_3 je hmotnost kyslíku redukovaného při vytvoření jedné hmotnostní jednotky oxidu křemičitého ve strusce; s výhodou je hodnota K_3 rovna 32/60,
- K_4 je hmotnost kyslíku redukovaného při vytvoření jedné hmotnostní jednotky oxidu hlinitého; s výhodou je hodnota K_4 rovna 48/102.

2.3 Množství hliníku, které se má použít jako redukční činidlo, SR odpovídá hodnotě :

$$SR = AR \cdot 54/102 \cdot$$

2.4 Množství oxidu křemičitého SR, získaného v průběhu redukce, je dáno vztahem :

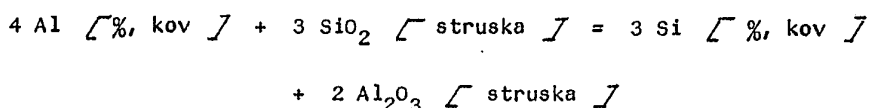
$$SR = \frac{R - K_4 \cdot AR}{K_3}$$

2.5 Množství křemíku, kterého se má použít jako redukčního činidla, odpovídá hodnotě SR krát 28/60.

2.6 Přidá se vypočtené množství hliníku a křemíku jakožto redukčních činidel k dosažení v podstatě dokonalé redukce taveniny v kterémkoliv okamžiku po oduhličení.

3.0 Třetí stupeň procesu rafinace zahrnuje výpočet množství získaného oxidu hlinitého a množství oxidu křemičitého, které se má redukovat ze strusky ve fázi přidávání specifického množství křemíku, za účelem dosažení specifického obsahu křemíku v kovu a dosažení požadovaného poměru X oxidu hlinitého k oxidu křemičitému ve strusce po přidání specifikovaného množství křemíku, s ohledem na množství těchto oxidů přítomných ve strusce před přísadou specifikovaného množství křemíku. Tento stupeň se označuje jako konečná úprava chemického složení strusky, přičemž je založen na dvou úvahách :

Jestliže je poměr oxidu hlinitého k oxidu křemičitému roven požadované hodnotě X před přidáním specifikovaného množství křemíku, potom se specifikované množství křemíku může dosáhnout jenom přísadou křemíku do taveniny. Jestliže je však poměr oxidu hlinitého k oxidu křemičitému menší, než předem zvolená hodnota X, potom nebude specifikovaný obsah křemíku při ukončení procesu dosažen přidáním pouhého křemíku do taveniny, jak je běžnou praxí podle dosavadního stavu techniky, ale kombinací křemíku a hliníku. Při mísení se struskou obsahující oxid křemičitý, bude hliníková přísada reagovat podle následující rovnice :



Shora uvedená reakce způsobí, že přidáný hliník přejde na oxid hlinitý ve strusce za vytvoření specifikovaného obsahu křemíku v kovu a snížení oxidu křemičitého ve strusce, přičemž jediným výsledkem této reakce je zvýšení poměru oxidu hlinitého k oxidu křemičitému.

Pro výpočet specifikovaného množství křemíku, přidávaného přímo jakožto křemíku a ne-přímou jakožto hliníku, je výhodný tento postup :

3.1 Vypočtou se hodnoty AP_3 a SP_3 , což jsou hmotnosti oxidu hlinitého a oxidu křemičitého ve strusce po redukčním stupni :

$$AP_3 = AP_2 + AR$$

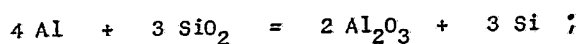
$$SP_3 = SP_2 + SR$$

3.2 Vypočíte se množství oxidu hlinitého, které se má vytvořit ve strusce k zajištění specifikovaného množství křemíku v tavenině podle následujících rovnic, přičemž se bere menší hodnota získaná z těchto rovnic :

$$AS = \frac{X \cdot SP_3 - AP_3}{1 + \frac{K_6}{K_5} \cdot X}$$

$$AS = \frac{S}{K_6}$$

- kde znamená
- AS hmotnost oxidu hlinitého ve strusce jako výsledek přísady hliníku k nepřímému zajištění specifikovaného obsahu křemíku,
 - S celková hmotnost křemíku potřebného k dosažení specifikovaného množství křemíku v tavenině, které se vypočte o sobě známým způsobem,
 - K_5 je hmotnost křemíku vytvořeného v tavenině kovu redukcí jedné hmotnostní jednotky oxidu křemičitého ze strusky; výhodně má K_5 hodnotu 28/60,
 - K_6 je hmotnost křemíku vytvořeného v tavenině kovu na hmotnostní jednotku oxidu hlinitého vzniklého z nepřímé přísady křemíku :



přičemž výhodně má K_6 hodnotu 7/17,

3.3 Množství hliníku, kterého se má použít pro nepřímé dodání specifikovaného množství křemíku je rovno hodnotě AS krát 54/102.

3.4 Množství oxidu křemičitého SS vytvořeného přidáním specifikovaného množství křemíku je dáno rovnicí :

$$SS = \frac{-K_6}{K_5} \cdot AS$$

přičemž SS je záporná hodnota udávající, že se redukoval oxid křemičitý.

3.5 Množství křemíku, kterého se má použít jako přímé přísady pro dosažení specifikovaného množství křemíku, je dáno rovnicí :

$$PS / \text{hmotnost křemíku, který se má přidat} = S + \frac{28}{60} \cdot SS ,$$

přičemž jelikož je SS zápornou hodnotou hmotnosti křemíku, který se má přidat, je PS menší než S, což je celkové množství křemíku jako přísady.

3.6 Přidá se směs hliníku a křemíku do taveniny k vytvoření oxidu hlinitého a k redukci oxidu křemičitého, což bylo vypočteno podle odstavců 3.3 a 3.5 kdykoliv po provedení oduhličení.

3.7 Vypočte se celkové množství oxidu hlinitého AP_4 a oxidu křemičitého SP_4 ve strusce po ukončení postupu podle odstavce 3.6 podle následující rovnice :

$$AP_4 = AP_3 + AS$$

$$SP_4 = SP_3 + SS$$

4.0 Vypočte se množství oxidu vápenatého a oxidu hořečnatého, které se má přidat do strusky k dosažení předem určeného obsahu oxidu hlinitého A % hmot., oxidu křemičitého B % hmot., oxidu vápenatého C % hmot. a oxidu hořečnatého D % hmot. na základě vypočtené hmotnosti oxidu hlinitého a oxidu křemičitého po nastavení specifikovaného množství křemíku.

S výhodou se pro výpočet množství oxidu vápenatého a oxidu hořečnatého, které se má přidat do strusky k dosažení požadovaného chemického složení strusky, použije těchto rovnic :

$$CaO = \frac{C}{A + B} \cdot \left(\frac{AP_4}{100} + \frac{SP_4}{100} \right) - CP$$

$$MgO = \frac{D}{A + B} \cdot \left(\frac{AP_4}{100} + \frac{SP_4}{100} \right) - MP$$

kde znamená A , B , C a D předem stanovené procentuální podíly,

CP a MP jsou hmotnosti oxidu vápenatého a oxidu hořečnatého, které jsou již obsaženy ve strusce,

AP_4 je hmotnost oxidu hlinitého upravená ve třetím stupni,

SP_4 je hmotnost oxidu křemičitého upravená ve třetím stupni.

Výpočet hmotnostního množství vápna, dolomitu a magnésitu, které se přidávají do kovové lázně tak, aby jejich množství odpovídalo potřebnému množství oxidu vápenatého a oxidu hořečnatého ve strusce, se provede běžným stechiometrickým přepočtem a není třeba je zde uvádět.

4.1 Vypočtené množství oxidu vápenatého a oxidu hořečnatého podle odstavce 4 se může přidávat do taveniny v kterémkoliv okamžiku rafinačního procesu, přičemž je také možno použít několikanásobného přidavku.

Pro odborníky pracující v daném oboru je zřejmé, že stupně 1 až 4 postupu podle vynálezu se mohou vypočítat před provedením rafinační operace pro transportovanou taveninu známého složení, přičemž výpočty je možno provádět pomocí počítače. Pracovní obsluha musí pouze vnést do taveniny kovu předem vypočítané množství hliníku a křemíku ve vhodné době při provádění jednotlivých stupňů 1 až 4 rafinačního procesu.

Principy vytváření strusky s předem stanoveným chemickým složením za současného splnění požadavku na úpravu tepelného režimu (tzn. zahřátí lázně pomocí přísady topných složek), na provedení redukce a na provedení požadované přísady křemíku do taveniny, se využívají ve třech oddělených stupních, které jsou označovány úprava tepelného režimu (neboli zahřív-

vání kovové lázně), redukce a přísada specifikovaného množství křemíku, přičemž přísadu hliníku a křemíku do taveniny lze provést vzájemně zaměnitelně, jako výsledek výpočtu kombinovaného podílu oxidu hlinitého a/nebo oxidu křemičitého vytvořeného ve strusce nebo redukovaného ze strusky. Každý z těchto tří stupňů, ve kterých se provádí kombinované přidávání hliníku s křemíkem, jako přísad, spadá do rozsahu uvedeného vynálezu. Podle výhodného provedení postupu podle vynálezu se hliník a křemík přidávají ve vypočtených kombinovaných podílech do každého ze tří uvedených stupňů postupu rafinace. Výhod postupu podle vynálezu je však možno plně nebo v podstatě plně dosáhnout při použití jednoho nebo dvou ze tří uvedených stupňů, ve kterých se provádí přidávání vypočteného kombinovaného podílu hliníku a křemíku, přičemž v ostatních stupních nebo stupni se mohou aplikovat jiné běžné metody kombinovaného přidávání hliníku a křemíku, které nepatří do rozsahu uvedeného vynálezu.

Například pro získání strusky předem stanoveného chemického složení by bylo možné přidávat hliník a křemík jako topné složky v pevně určeném poměru, bez ohledu na počáteční chemické složení strusky a kovu nebo na celkový požadavek na topné složky za účelem dosažení požadovaného tepelného režimu, tzn. zahřátí lázně na požadovanou teplotu, nikoliv však k dosažení předem stanoveného chemického složení strusky nebo žádaného poměru oxidu hlinitého k oxidu křemičitému. Výsledné chemické složení strusky na konci periody úpravy tepelného režimu (tzn. zahřívání lázně na požadovanou teplotu pomocí přísady topných látek) se může upravit k dosažení předem zvoleného chemického složení strusky v průběhu následující rafinace za použití způsobu shora popsaných pro výpočet přísady hliníku a křemíku v redukční periodě a pro stupeň označovaný jako nastavování specifikovaného obsahu křemíku.

Podobně je možno předem zjistit, zda je potřeba redukovat danou taveninu a provést tuto redukci za pomoci pevně určeného poměru hliníku ke křemíku, přičemž se ale tento pevně stanovený poměr hliníku ke křemíku nezjistí metodou podle vynálezu. V další fázi je potom možno zjistit specifické množství topných složek a přidávaný kombinovaný podíl hliníku a křemíku k úpravě chemického složení strusky na předem stanovené složení, což se už provede postupem podle vynálezu, přičemž se bere v úvahu chemické působení redukčních přísad na chemické složení strusky. Předpokládá se, že v četných případech za daných výchozích podmínek, při předem zvoleném chemickém složení strusky a předem zvoleném požadavku na redukci a na tepelný režim, umožní aplikace postupu podle vynálezu provést na stupni úpravy tepelného režimu (tzn. zahřívání lázně) a na stupeň redukce přísadu křemíku běžným způsobem za účelem dosažení specifikovaného obsahu křemíku bez použití nepřímého přidávání hliníku. Dále je možné, že v určitých případech, kdy se aplikuje pouze jeden stupeň podle vynálezu a kdy se vypočte kombinovaný podíl hliníku a křemíku jako přírůstek topných látek v prvním stupni, ve stupni redukce nebo ve stupni úpravy specifického obsahu křemíku, bude toto opatření dostatečné k nastavení strusky na předem stanovené chemické složení, přičemž v ostatních stupních je možno aplikovat postupy s kombinovaným přidáváním hliníku a křemíku, které nespádají do rozsahu uvedeného vynálezu.

V dalším bude uveden příklad praktického provedení postupu podle uvedeného vynálezu ve formě příkladu provedení.

Příklad

Podle tohoto postupu byla vsázka 9 072 kilogramů kovu transportována do konvertorové nádoby obsahující 45,3 kilogramy strusky sestávající z 30 % hmot. oxidu křemičitého, 10 % hmot. oxidu hlinitého, 50 % hmot. oxidu vápenatého a 10 % hmot. oxidu hořečnatého, a dále 4,54 kilogramu křemíku obsaženého v kovu. Při tomto postupu byla redukce prováděna stejným množstvím hliníku a křemíku. V dané vsázce se předpokládalo, že je třeba redukovat 4,5 kilogramu kyslíku z lázně, takže pro dokončení redukce bylo přidáno 2,27 kilogramu hliníku a 2,27 kilogramu křemíku. Při tomto postupu bylo specifikované množství křemíku přidáváno ve formě ferrosilicia, které nemá na složení strusky vliv. Při předpokladu stechiometrických vztahů bylo vypočteno složení strusky následující: 28,6 kilogramu oxidu

křemičitého, (3,61 kilogramu z transportované strusky, 9,53 kilogramu z oxidace transportovaného křemíku a 4,99 kilogramu z redukce křemíkové přísady), 8,62 kilogramu oxidu hlinitého (4,54 kilogramu z transportované strusky a 4,08 kilogramu z redukce hliníkové přísady), 22,7 kilogramu oxidu vápenatého a 4,54 kilogramu oxidu hořečnatého (oba tyto oxidy z transportované strusky), kromě obsahu těchto látek pocházejících ze stupně úpravy tepelného režimu (tzn. zahřívání kovové lázně).

V dané tavbě 9 072 kilogramů kovu, 45,4 kilogramu strusky a odhadnutých 3 584 kilogramů žáruvzdorného materiálu musí být ohřáto o 111 °C přísadou topných složek, přičemž požadavek na dosažení konečného složení strusky byl následující : 24 % hmot. oxidu hlinitého, 16 % hmot. oxidu křemičitého, 40 % hmot. oxidu vápenatého a 20 % hmot. oxidu hořečnatého, což dává žádaný poměr oxidu hlinitého k oxidu křemičitému 1,5. Kombinovaný podíl hliníku a křemíku, který byl použit jako přídavek topných látek jak z uskutečnění požadovaného tepelného režimu (zahřátí kovové lázně o stanovenou výše uvedenou teplotu) tak k dosažení předem zvoleného chemického složení strusky, které bylo uvedeno shora, byl vypočten postupem podle uvedeného vynálezu. Podle tohoto postupu byl stanoven požadovaný teplotní vzrůst kovové lázně 111 °C, přičemž hodnota H se rovná 111 krát 12,7 tun, což je 1 410. Při očekávané hmotnosti oxidu hlinitého a oxidu křemičitého, které se vytvoří v transportovaném kovu a ve strusce a z redukčních reakcí pro hodnoty AP_1 a SP_1 lze zjistit odpovídající přísadu do kovové taveniny jakožto topných složek o následujícím složení : 33,6 kilogramu hliníku a 9,1 kilogramu křemíku, což poskytuje 63,0 kilogramu oxidu hlinitého a 19,1 kilogramu oxidu křemičitého ve strusce. Celkový obsah oxidu hlinitého a oxidu křemičitého ve strusce, jakožto výsledek všech operací postupu podle vynálezu, byl 71,7 kilogramu oxidu hlinitého a 47,6 kilogramu oxidu křemičitého, čímž bylo dosaženo požadovaného poměru oxidu hlinitého k oxidu křemičitému 1,5. Přísady oxidu vápenatého a oxidu hořečnatého byly 96,6 kilogramu oxidu vápenatého a 50,3 kilogramu oxidu hořečnatého, což představovalo 298 kilogramů strusky předem zvoleného chemického složení.

P Ř E D M Ě T V Y N Á L E Z U

1. Způsob kontroly složení strusky kovové lázně v konvertoru, opatřeném žáruvzdornou vyzdívkou, výhodně magnesit-chromitovou vyzdívkou, v postupu rafinace této kovové lázně zaváděním plynného kyslíku do této lázně v průběhu oxidační periody a zaváděním neoxidujících plynů v průběhu redukční periody, přičemž následuje úprava stavu taveniny takovým způsobem, aby měla struska po dokončení rafinačního procesu složení odpovídající v podstatě předem určenému množství A % hmot. oxidu hlinitého Al_2O_3 , B % hmot. oxidu křemičitého SiO_2 , C % hmot. oxidu vápenatého CaO a D % hmot. oxidu hořečnatého MgO , přičemž poměr oxidu hlinitého k oxidu křemičitému X odpovídá předem určené hodnotě A/B v rozmezí od asi 0,1 do asi 10, vyznačující se tím, že se

v prvním stupni přidává k lázni hliník a křemík jako topné složky v kombinovaném podílu tvořeném 0 až 100 % hmot. hliníku a zbytek tvoří křemík za zvýšení teploty lázně na předem stanovenou úroveň po dokončení oxidační periody, přičemž se dosáhne poměru oxidu hlinitého k oxidu křemičitému odpovídající hodnotě A/B,

ve druhém stupni se upraví hmotnost oxidu hlinitého a oxidu křemičitého, které jsou přítomny ve strusce po dokončení prvního stupně, podle vzájemného stechiometrického poměru mezi hliníkem a oxidem hlinitým a mezi křemíkem a oxidem křemičitým a z hmotností hliníku, oxidu hlinitého, křemíku a oxidu křemičitého, které jsou přítomny před provedením prvního stupně,

k lázni se přidá ve třetím stupni hliník a křemík jako redukční složky v libovolném časovém okamžiku po dokončení oxidační periody, přičemž se dosáhne úplné redukce této kovové lázně,

ve čtvrtém stupni se k lázni přidá křemík, což se provede současně s třetím stupněm nebo po provedení tohoto třetího stupně, přičemž se dosáhne požadovaného stavu taveniny v okamžiku dokončení rafinačního procesu,

v pátém stupni se provede úprava hmotností oxidu hlinitého a oxidu křemičitého, které jsou obsaženy ve strusce na konci rafinačního procesu podle jejich vzájemných stechiometrických vztahů s hliníkem a křemíkem a z hmotností oxidu hlinitého a oxidu křemičitého přítomných před provedením třetího stupně, a

v šestém stupni se přidá k této lázni oxid vápenatý a oxid hořečnatý tak, aby byly splněny následující rovnice :

$$\text{CaO} = \frac{C}{A + B} \cdot [\text{AP}_4 + \text{SP}_4] - \text{CP}$$

$$\text{MgO} = \frac{D}{A + B} \cdot [\text{AP}_4 + \text{SP}_4] - \text{MP}$$

ve kterých znamená AP_4 hmotnost oxidu hlinitého v pátém stupni,

SP_4 je hmotnost oxidu křemičitého v pátém stupni,

CP a MP jsou hmotnosti oxidu vápenatého a oxidu hořečnatého, které jsou již obsaženy ve strusce,

CaO a MgO jsou odpovídající hmotnosti oxidu vápenatého a oxidu hořečnatého přidávané v tomto šestém stupni, a

A , B , C a D jsou předem určená procentuální množství uvedených složek.

2. Způsob podle bodu 1, vyznačující se tím, že hmotnost hliníku a křemíku v prvním stupni se stanoví výpočtem požadované hmotnosti oxidu hlinitého, který se vytvoří z hliníku jako topné složky podle menší hodnoty získané z následujících rovnic :

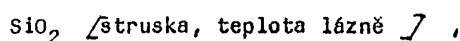
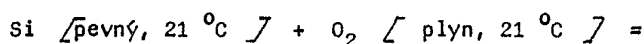
$$\text{AF} = \frac{X \cdot \left[\frac{H}{K_1} + \text{SP}_1 \right] - \text{AP}_1}{1 + \frac{K_2}{K_1} \cdot X}$$

$$\text{AF} = \frac{H}{K_2}$$

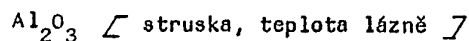
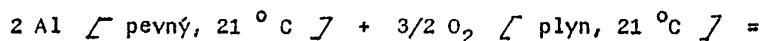
ve kterých znamená AF hmotnost oxidu hlinitého získaného v prvním stupni z přídavku hliníku jako topné složky,

AP_1 je hmotnost oxidu hlinitého, který je přítomen ve strusce na začátku přivádění topných složek,

- SP_1 je hmotnost oxidu křemičitého, který je přítomen ve strusce, na začátku přivádění topných složek,
- H je hodnota, která odpovídá zvýšení teploty vynásobenému efektivní hmotností kovové lázně a žáruvzdorných hmot podílejících se na tepelné rovnováze,
- K_1 je vypočtená konstanta představující teplo ve stupních na jednotku hmotnosti oxidu křemičitého, vytvořené na jednotku hmotnosti složek podílejících se na tepelné rovnováze podle následující rovnice :



- K_2 je vypočtená konstanta představující teplo ve stupních na jednotku hmotnosti oxidu hlinitého, vytvořené na jednotku hmotnosti složek podílejících se na tepelné rovnováze podle následující rovnice :



a X je poměr A/B ,

přičemž potom se vypočte potřeba hliníku jako topné složky ze stechiometrického přepočtu z hodnoty pro AF ,

vypočte se požadovaná hmotnost oxidu křemičitého, který se získá přidavkem křemíku jako topné složky, podle následující rovnice :

$$SF = \frac{H - K_2 \cdot AF}{K_1}$$

ve kterém znamená SF hmotnost oxidu křemičitého získaného z křemíku jako topné složky,

a nakonec se vypočte požadavek na křemík jako topnou složku ze stechiometrického přepočtu hodnoty pro SF .

3. Způsob podle bodu 2, vyznačující se tím, že pro hodnotu H , která je součinem požadovaného zvýšení teploty lázně ve stupních Celsia a hmotnosti teplotního systému v tunách, přičemž všechny ostatní hmotnosti jsou v kilogramech, je hodnota K_1 rovna 15,6 a hodnota K_2 je 17,6.