

PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

307 906

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:

C03B 5/027 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2018-246**
(22) Přihlášeno: **28.05.2018**
(40) Zveřejněno: **07.08.2019**
(Věstník č. 32/2019)
(47) Uděleno: **27.06.2019**
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: **07.08.2019**
(Věstník č. 32/2019)

(56) Relevantní dokumenty:

CZ 2012-604 A3; CH 338 560 A; JP 02306200 A; GB 2 244 137 A; CZ 2012-605 A3; CZ 2011-651 A3; CZ 2017-523 A3.

(73) Majitel patentu:
Ing. Josef Smrček, CSc., Praha 6, CZ

(72) Původce:
Ing. Josef Smrček, CSc., Praha 6, CZ

(74) Zástupce:
Ing. Marie Smrčková, patentový zástupce,
Velflíkova 1431/10, 160 00 Praha 6

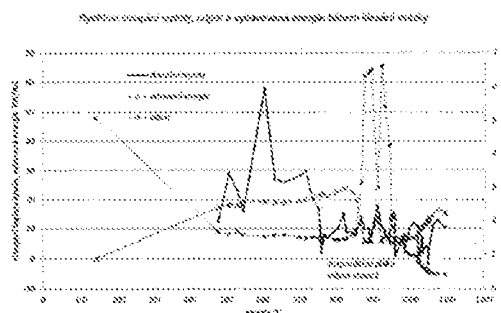
(54) Název vynálezu:

Sklářská tavicí celoelektrická pec

(57) Anotace:

Sklářská tavicí pec je uspořádána tak, že do plovoucí vsázky (4) jsou zavedeny seshora topné pomocné elektrody (5) se zesílenými konci (6), které mohou být opatřeny termočlánkem. Pomocné elektrody (5) jsou opatřeny vlastním přívodem (8) elektrického proudu. Mezi sousední pomocné elektrody (5) je vložen napětový gradient vyšší než $2 \text{ V} \cdot \text{cm}^{-1}$ a nižší než $30 \text{ V} \cdot \text{cm}^{-1}$. Pomocné elektrody (5) jsou navzájem rovnoběžné, mají deskovitý tvar a jsou zhotoveny z materiálu, který odolává působení plynů odcházejících ze vsázky (4) při teplotách 100 až 1000 °C. Nad vsázkou (4) a pomocnými elektrodami (5) situovaný zakladač (7) je vybaven čidlem (13) pro snímání teploty povrchu plovoucí vsázky (4). Pec (1) je v klenbě vybavena infракamerou pro snímání teploty a ovládání pohybu zakladače (7). Termočlánek na každém zesíleném konci (6) pomocné elektrody (5) a/nebo čidlo (13) pro snímání teploty povrchu plovoucí vsázky (4) jsou napojeny na řídicí počítač pro úpravu polohy každé pomocné elektrody (5). Pomocné elektrody (5) jsou umístěny na posuvném elektricky izolovaném a/nebo nevodivém trámci (11), který je připojen na zdvihací zařízení (9) pro vratně svislý posun pomocných elektrod (5). Nístěj (2) má na žáruvdomých stěnách, přivrácených sklovině (3) a vsázce (4), instalovány svislé žárovzdomé trubice (14), jejichž horní konec je situovaný nad povrchem vsázky (4) a dolní konec ústí do vsázky (4) při teplotách 600 až 1000 °C pro odvádění plyných zplodin jejich otevřeným horním koncem. Žárovzdomá trubice (14) může být opatřena bočními otvory pro

odvádění plyných zplodin, s výhodou zevnitř elektricky ohřívány k zamezení zalepení sklovinou (4).



CZ 307906 B6

Sklářská tavicí celoelektrická pec

Oblast techniky

5

Vynález se týká sklářské tavicí celoelektrické pece, zahrnující žáruvzdornou nístěj se dnem a bočními stěnami. V nístěji je sklovina s plovoucí vsázkou sklářských surovin a sklářských střepů. Nístěj je osazena běžnými topnými molybdenovými elektrodami. Pec je vybavena zakladačem pro dopravu studené vsázky na povrch plovoucí vsázky v peci.

10

Dosavadní stav techniky

Tavení skla přímým průchodem elektrického proudu roztavenou sklovinou je známo téměř 100 let. Sklářská tavicí celoelektrická pec je charakteristická nízkou teplotou horního povrchu sklářské vsázky. Rozšíření tohoto způsobu celoelektrického tavení nastalo v posledních 60-ti letech, kdy se začalo využívat molybden jako materiálu pro topné elektrody. Tento materiál dovozuje zatěžovat molybdenové elektrody velkým proudem, takže se mohly stavět velké a výkonné pece. Molybden však nemůže být vystaven při teplotách vyšších než 200 °C působení vzduchu, protože se okamžitě oxiduje. Proto se molybdenové elektrody vkládají až do roztavené skloviny. Část elektrody, která není smáčena sklovinou, se obvykle intenzivně chladí vodou pomocí vhodného držáku.

Při celoelektrické tavbě se uvolňuje Jouleovo teplo v již roztavené sklovině („lázni“) a odtud se předává do vrstvy vsázky, což je směs sklářských surovin a střepu, která leží na hladině této lázně. Elektrický proud neohřívá sklářskou vsázku přímo, ale teplo uvolněné v již roztavené sklovině se předává vzhůru do vrstvy vsázky mechanismy šíření tepla, tj. vedením, sáláním a prouděním. Protože sklářská vsázka je špatný vodič tepla, je prohřívání do hloubky pomalé a naráží na určitou limitní hodnotu. Pro přenos tepla vedením a sáláním je možné zvyšovat tepelný tok do vsázky pouze zvyšováním teploty lázně. To naráží na výdržnost žáruvzdorného materiálu stěn vany. Proto při použití běžných žáruvzdorných materiálů se narazí na teplotu, jejíž překročení vede k rychlé korozi sklářské pece.

Překonat limitní hodnotu tavicího výkonu cca 2,5 t skloviny na m² za den, je dnes možné jen využíváním posledního mechanismu přenosu tepla, a to prouděním skloviny. To vyžaduje velký objem pece. Proto se stavějí pece poměrně hluboké. Samozřejmě se zvětšováním vnějšího povrchu pece rostou tepelné ztráty, což je citelné právě při používání poměrně drahé elektrické energie.

Jiný způsob zvyšování měrného výkonu je použití bublingu - dmýchání vzduchu do lázně skloviny. Tato metoda má omezené použití, hlavně pro vitrifikaci odpadu, kdy na kvalitě vytékající skloviny tak nezáleží.

Podstata vynálezu

Sklářská tavicí celoelektrická pec podle tohoto vynálezu zahrnuje žáruvzdornou nístěj se dnem a bočními stěnami a zakladačem pro dopravu studené sklářské vsázky na povrch plovoucí vsázky na sklovině. V nístěji je sklovina s plovoucí vsázkou. Pec je osazena běžnými topnými molybdenovými elektrodami. Podstata tohoto vynálezu spočívá v tom, že do plovoucí vsázky jsou zavedeny seshora topné pomocné elektrody, jejichž zesílené konce jsou umístěny v dolní části plovoucí vsázky a nezasahují do roztavené skloviny. Pomocné elektrody jsou opatřeny vlastním přívodem elektrického proudu. Mezi sousední pomocné elektrody je vložen napěťový gradient vyšší než 2 V.cm⁻¹ a nižší než 30 V.cm⁻¹. Hlavní výhodou tohoto vynálezu je získání vysokého tavicího výkonu, až 10x oproti současnému stavu bez pomocných elektrod. Definovaný

napětíový gradient zabezpečuje prosazení dostatečného elektrického výkonu.

Je výhodné, když pomocné elektrody jsou navzájem rovnoběžně, mají deskovitý tvar k dosažení velkého povrchu a tím nízkého elektrického měrného zatížení. Pomocné elektrody jsou
5 zhotoveny z materiálu, který odolává působení plynů odcházejících ze vsázky při teplotách 100 až 1000 °C, aby odolávaly korozi. Z údajů koroze podle výrobce vyplývá jejich životnost delší než 2 až 3 roky.

Dále je výhodné, když pomocné elektrody mají spodní konec zesílený a provedený z teplotně
10 odolnějšího materiálu než horní část elektrody. Zesílený spodní konec pomocných elektrod zajišťují malý elektrický odpor a delší životnost.

Zesílený konec každé pomocné elektrody může být opatřen alespoň jedním termočlánkem pro kontrolu teploty pomocné elektrody.

15 Ve výhodném provedení, pomocné elektrody a jejich zesílené konce jsou zhotoveny z materiálu ze skupiny zahrnující chromniklovou ocel, slitiny typu Kanthal, aluminidů kovů, vodivé keramiky. Pomocné elektrody a/nebo jejich zesílené konce jsou opatřeny povlakem, vzdorujícím plyným zplodinám z tavby skloviny, vybraným ze skupiny povlaku na bázi
20 platiny niklu, chrómu či zirkonu.

Nad vsázkou a pomocnými elektrodami situovaný zakladač je s výhodou vybaven čidlem pro snímání teploty povrchu plovoucí vsázky.

25 Sklářská tavicí celoelektrická pec je v klenbě vybavena infrakamerou pro snímání a ovládání pohybu zakladače.

Termočlánek na každém zesíleném konci pomocné elektrody a/nebo čidlo pro snímání teploty povrchu plovoucí vsázky jsou s výhodou napojeny na řídicí počítač pro úpravu polohy každé
30 pomocné elektrody.

Pomocné elektrody jsou výhodně umístěny na posuvném elektricky izolovaném a/nebo nevodivém trámci. Elektricky izolovaný a/nebo nevodivý trámec může být výhodně připojen na
35 zdvihací zařízení pro vratně svislý posun pomocných elektrod.

S výhodou má nístěj na žáruvzdorných stěnách, přivrácených ke sklovině a ke vsázce, nainstalovány svislé žáruvzdorné trubice, jejichž horní konec je situovaný nad povrchem vsázky a dolní konec ústí do vsázky při teplotách 600 až 1000 °C pro odvádění plyných zplodin jejich
40 otevřeným horním koncem. Žáruvzdorná trubice může být opatřena bočními otvory pro odvádění plyných zplodin, zevnitř elektricky ohřívány k zamezení zalepení sklovinou.

Pro sklářskou tavicí celoelektrickou pec se může využít pec, v podstatě jakéhokoliv tvaru, např. půdorysu obdélníkového či čtvercového nebo mnoho-úhelníkového či kulatého.

45 Objasnění výkresů

Vynález je podrobně popsán dále a je blíže vysvětleno na přiložených schematických výkresech. Stejně vztahové značky odpovídají stejně fungujícím součástem.

50 Obr. 1 zachycuje závislost měření rychlosti stoupání teploty, vybavovaného Jouleova tepla mezi dvěma měřicími elektrodami a odporu mezi těmito elektrodami klesajícími spolu se zakládáním vsázky.

55 Obr. 2 schematicky znázorňuje řez podélnou osou sklářské tavicí celoelektrické pece, na níž jsou

použity pomocné elektrody do vsázky.

Obr. 3 schematicky znázorňuje příčný řez sklářské tavicí celoelektrické pece s pomocnými elektrodami do vsázky.

Příklady uskutečnění vynálezu

Příklad 1

Na obr. 2 je znázorněna příkladná sklářská tavicí celoelektrická pec 1, tvořená nístějí 2 ze žáruvzdorného materiálu, v níž je roztavená sklovina 3 vyobrazena vlnkami. Na povrchu skloviny 3 plave sklářská vsázka 4, vyobrazena vodorovným šrafováním. Do vsázky 4 jsou seshora zavedeny pomocné elektrody 5, označeny šikmým šrafováním. Každá pomocná elektroda 5 je opatřena zesíleným koncem 6. Vsázka 4 je dopravována do pece 1 pojíždějícím zakladačem 7, umístěným nad pomocnými elektrodami 5. Elektrický proud je zaveden na pomocné elektrody 5 pomocí přívodu 8 elektrického proudu. Pomocné elektrody 5 jsou připevněny na izolovaný nosný trámec 11, který je nesen zdvihacím zařízením 9. Mimoto je pec 1 osazena běžnými molybdenovými elektrodami 10, které mohou být deskové i tyčové a umístěné ze dna i z boku stěn pece 1. Nad pomocnými elektrodami 5 je umístěn zakladač 7. Vsázka 4 postupuje seshora ze zakladače 7 svislým směrem, označeným šipkou 12, kolem pomocných elektrod 5. Zakladač 7 je vybaven teplotním čidlem 13. Na obr. 3 je znázorněna v blízkosti žáruvzdorné stěny pece 1 umístěná trubice 14 zasahující svým spodním koncem do vrstvy vsázky 4. Trubice 14 může mít boční otvory (neznázorněny) pro odvod plynu, přičemž otvory mohou být vyhřívány elektricky, pro zamezení zalepením sklovinou. Horní konec trubice 14 může být připojen na odsávání plynů ze skloviny 3. Rozložení teplotního pole na povrchu vsázky 4 může být sledováno neznázorněnou infrakamerou, umístěnou v klenbě pece 1. Na zesíleném konci 6 každé pomocné elektrody 5 je umístěn alespoň jeden termočlánek a na přívodech 8 proudu každé pomocné elektrody 5 je snímán úbytek napětí a na každé fázi je měřen proud procházející pomocnými elektrodami 5. Úbytek napětí, proud a měřená teplota jsou zavedeny do řídicího počítače, který tyto hodnoty vyhodnocuje a vydává signál zdvihacímu zařízení 9 a k úpravě svislé polohy každé pomocné elektrody 5.

Principem vynálezu je zavedení elektrického proudu přímo do vrstvy vsázky 4. To se dosud nezkoušelo, protože vsázka je nejen špatný vodič tepla, ale i špatný elektrický vodič. Proto i při použití hladinových elektrod („TOP“ elektrod), procházejících ze shora vrstvou vsázky 4 až do lázně skloviny 3, jak popisuje, např. US 6125658, se nepozorovalo, že by se vsázka více ohřívala, protože téměř všechno teplo se uvolňovalo až v lázni. Příčinou bylo malé napětí mezi elektrodami, které postačilo k průchodu proudu lázní skloviny 3, ale nikoli k průchodů vsázkou 4. Rovněž bodový zdroj, který tyčová elektroda představuje neumožňuje významný ohřev vsázky 4.

Měřením tepelného a elektrického pole ve vsázce 4, na obr. 1 předloženého vynálezu, se ukázalo, že překvapivě existují teplotní oblasti, kde se vsázka 4 ohřívá rychleji, a kde tedy má menší elektrický odpor. Např., pro sklovinu typu SIMAX je to cca 400 až 800 °C zavedením silnějšího elektrického pole. Tedy zvětšením gradientu napětí v definovaném rozmezí mezi sousedními pomocnými elektrodami 5, kde je vložen napěťový gradient vyšší než 2 V.cm⁻¹ a nižší než 30 V.cm⁻¹, s výhodou např. kolem 20 V.cm⁻¹, bude zde procházet dostatečný elektrický proud a ohřívat vsázku 4. Samozřejmě, pomocné elektrody 5 nesmí procházet až do lázně skloviny 3, protože pak by se teplo uvolňovalo převážně v rovině nejnižšího odporu.

Tyto pomocné elektrody 5 ponořené do vsázky 4 musí odolávat oxidaci až do teploty 1000 °C, tj. nelze použít molybden. Lze použít běžných vysokoteplotních slitin a jejich kombinací, např. pro horní přívodní část použít nízkoteplotní, levnější materiál, a vlastní topnou část o výšce 2 až 10 cm zhotovit z odolnější oceli, případně o větší tloušťce. Je možné použít chromniklovou ocel,

Kanthal, aluminidy kovu, vodivou keramiku, případně je možno povrch pomocných elektrod 5 opatřit ochranným povlakem na bázi platiny či niklu nebo chrómu nebo zirkonu.

Lze ovšem do vsázky 4 přidávat látku, která v rozmezí 100 až 800 °C uvolňuje inertní plyn, který vypudí vzduch ze vsázky 4 a chrání tak pomocné elektrody 5. K těmto látkám patří, např. voda volná z vlhkosti, voda vázaná ve sloučeninách vsázky, jako je borax dekahydrát i pentahydrát, kyselina boritá, vodní sklo, hydrát hlinitý, uhličitany, některé chloridy. Voda také před vypařením rozpouští rozpustné součásti vsázky 4, čímž vytváří vodivé kapalně můstky a vzniklé roztoky mají vyšší bod varu než čistá voda. Proto je výhodné provést analýzu odcházejících plynů ze vsázky 4 hmotovým spektrometrem při zahřívání, aby se zjistilo, při jaké teplotě ještě odchází voda, nebo kyslík nebo oxid uhličitý či oxid siřičitý a ostatní plyny, a podle toho volit materiál pomocných elektrod 5.

Aby se pomocné elektrody 5 nepřehřívaly nad přípustnou teplotu, je teplota každé elektrody sledována nejméně jedním, lépe třemi, termočlánky. Kromě toho lze průměrnou teplotu každé pomocné elektrody 5 sledovat měřením úbytku napětí na začátku a na konci pomocné elektrody 5, z čeho lze při známém celkovém proudu na fázi vypočítat okamžitý odpor pomocné elektrody 5, úměrný teplotě. Celkový příkon lze regulovat pomocí mezifázového napětí. Signál pro řídicí počítač lze získat z výpočtu odporu mezi pomocnými elektrodami 5.

Ploché pomocné elektrody 5 o výšce 10 až 50 cm, podle místních podmínek a výšky vrstvy vsázky 4, délky téměř jako celá nístěj 2, jsou zavěšeny na nosném nevodivém trámci 11, který spočívá na výsuvném držáku. Vlastní přívod 8 proudu je proveden izolovaným kabelem přímo na pomocnou elektrodu 5. Výsuvný držák je umístěn na vnějším obvodu nístěje 2 pece 1 izolovaným způsobem. Výsuvné držáky jsou ovládány signálem teploty či odporu na pomocných elektrodách 5. Při překročení povolené teploty se pomocné elektrody 5 automaticky mírně vysunou ke zvýšení odporu a snížení teploty. Kromě toho musí držáky umožnit vysunutí pomocných elektrod 5 nad vsázku 4 v případech přerušení provozu.

Kromě zavádění proudu do vsázky 4 se sklovina 3 ohřívá běžným způsobem pomocí molybdenových elektrod 10. Tím se docílí potřebná teplota pro tavení skloviny 3 a dokončení všech sklotvorných dějů jako v běžné peci. Pomocnými elektrodami 5 se do pece 1 zavádí, např. 1/3 až 2/3 celkové přivedené energie. Tím, že se do skloviny 3 přivádí, např. jen 1/3 molybdenovými elektrodami 10, se velmi zmenší problémy s jejich přehříváním při tavení neprůteplivých skel.

Zakládání vsázky 4 se provádí stejně, jako na dnešních vanách, tj. zajištěním pásového či žaluziového zakladače 7, který posypává vsázku na každé místo v tavicí ploše pece 1. Proto se dávkování energie přísně udržuje podle okamžitého tavicího výkonu, přitom zůstanou konstantní teploty v jednotlivých vodorovných rovinách, stejně jako bez použití pomocných elektrod 5. Pomocné elektrody 5 lze aplikovat i na stávající pece, jen je zapotřebí vhodné umístění zdvihacího zařízení 9, např. v okénkách v horní stavbě pece 1.

Pokud je zapotřebí vytvořit nezakládané volné místo, např. u žáruvzdorné stěny pece 1, může pomocná plochá elektroda posloužit k ochraně žáromateriálu před přísunem korodující vsázky.

Doplňkový ohřev pomocnými elektrodami 5 do vsázky 4 lze okamžitě přerušit jejich vysunutím ze vsázky 4, případně jejich úplným vyjmutím z pece 1. To je výhodné v případě, že pec 1 je otápěna proudem z fotovoltaické či větrné elektrárny a dojde k náhlému snížení dodávky proudu.

Příklad 2

Princip používání pomocných elektrod 5 do vsázky 4 lze dobře popsat na příkladu sklářské tavicí celoelektrické pece 1, např. o tavicí ploše 1 x 2 m². s nístějí 2 o hloubce 1 m. Její tavicí výkon je, např. 100 kg m⁻². hod, tedy celkem 4,8 tun za den. Žáruvzdorná vyzdívka tvoří nístěj 2 pece 1, v

níž je lázeň roztavené skloviny 3, na níž plave vrstva lehčí vsázky 4, která je tvořená směsí surovin a střepu a je do pece 1 dopravovaná zakladačem 7. Odvod (neznázorněný) utavené skloviny 3 je u dna pece 1. Přívod energie do skloviny je molybdenovými elektrodami 10 obvyklým způsobem, tedy elektrody mohou být deskové nebo tyčové, umístěné v bočních stěnách či ve dnu pece 1, výjimečně i procházející hladinou skloviny 3. Do této pece 1 se vloží pomocné deskové elektrody 5 ze žárovzdorné oceli o rozměrech cca 20 x190 cm, které mají spodní konec 6 odolávající teplotě 1000 °C. Tyto pomocné elektrody 5 jsou izolovaným způsobem zavěšeny na nevodivém trámci 11, který spočívá na zdvihacím zařízení 9. Přívod 8 proudu do pomocných elektrod 5 se provádí ohebným kabelem 8, dostatečně dlouhým, aby bylo možno všechny pomocné elektrody 5 vysunout nad nístěj 2. U stěny vznikne 5 cm široký pás vsázky 4, z něhož mohou unikat plyny ze vsázky 4. Tento prostor může být ponechán volný, tedy nezakládán, nebo může být zakládán pouze střepy, nebo naopak bude zakládán více, či zakládán mokrou vsázkou, aby se ochlazovala žáruvzdorná stěna pece 1. Tento prostor bude topen průchodem proudu mezi pomocnou elektrodou 5 a molybdenovou elektrodou 10. V některých místech spodní hrany pomocné elektrody 5 jsou umístěny termočlánky typu „K“ a jejich signál je izolovaným způsobem veden do řídicího počítače. Každý přívod proudu kabelem 8 je opatřen měřením ztrátového napětí na pomocné elektrodě 5. Tento údaj spolu s údajem celkového proudu na fázi slouží k výpočtu okamžitého odporu na pomocné elektrodě 5 a při odchylce od stanovené hodnoty a s přihlédnutím k údajům termočlánků vydá řídicí počítač pokyn zdvihacímu zařízení ke změně polohy. Na každou elektrodu se zavede prostřídáný proud ze dvou fází, jak na obr 3, s využitím fází napájejících spodní molybdenové elektrody 10 (mnohdy využitím jednoho transformátoru). Lze ovšem využít všechny 3 fáze a zabezpečit, aby spodní molybdenové elektrody 10 topily s horními pomocnými elektrodami 5. Na pomocné elektrody 5 se zavede napětí tak, aby se vytvořil napěťový spád mezi sousedními elektrodami 5, a to minimálně 2 V.cm⁻¹ maximálně 30 V.cm⁻¹. Přesná hodnota závisí na odporu vsázky, tedy většinou na obsahu alkalických surovin, obsahu vázané vody v nich, vlhkosti vsázky (způsobuje snížení odporu v teplotách 100 až 400 °C), obsahu střepu, elektrické vodivosti použitých pomocných elektrod 5. Především je vložený napěťový spád závislý na požadovaném tavicím výkonu, tedy rychlosti klesání vsázky 4. Teplo uvolněné v jednotce objemu závisí na intensitě elektrického pole, která je ve vsázce 4 ve vodorovném směru běžně zanedbatelná a energie se zde uvolňuje jen díky svislému gradientu napětí v některých rovinách, kdy se mění odpor či permitivita. Při vložení většího napětí ve vodorovném směru je vektorový součet obou gradientů již významný, a i malá změna napěťového spádu značně zvýší příkon do vsázky 4.

Objemový příkon P (W/cm³) lze vyjádřit

$$P = E^2/\rho = w \cdot C_p \cdot h \Delta T/\Delta y \quad (1)$$

kde je

w klesavá rychlost vsázky 4 (cm.sec⁻¹);

C_p měrné teplo vsázky 4 (J.g⁻¹.K⁻¹);

h měrný objem vsázky 4 (g.cm⁻³);

$\Delta T/\Delta y$ svislý gradient teploty K/cm, měřený až 500 Kcm⁻¹;

ρ měrný odpor (Ω.cm)

$E(x,y)$ intenzita elektrického pole (V.cm⁻¹).

Proto i malá změna napěťového spádu značně zvýší příkon do vsázky 4. Napěťový spád nad 30 V/cm již hrozí, že malá změna místní teploty vyvolá skokový a neustálý růst příkonu, který by vyžadoval značný průtok vsázky 4.

Příklad 3

Na sklářské tavicí celoelektrické peci 1 dle předchozího příkladu 2 je taveno sklo s malým obsahem alkálii 3,5 % a 50 % obsahem střepu ve vsázce. Tato vsázka 4 má při teplotách 400 až 800 °C měrný elektrický odpor 0,1 až 1,0 ohm.cm, při teplotách 800 až 1000 °C měrný elektrický odpor 1 až 6 ohm. cm, průměrně při 400 až 1000 °C měrný elektrický odpor 1,7 Ω.cm (viz obr. 1). U této vsázky by stačilo zavádět proud jen do teploty 800 °C, což by šetřilo pomocné elektrody 5. Bereme-li nejvyšší hodnotu měrného odporu 6 Ω.cm, naměřenou pro teploty 400 až 1000 °C, vychází k získání desetinásobku dnešního příkonu do vsázky 4, tedy 400 kW.m⁻² napět'ový spád 15 V.cm⁻¹, tedy fázové napětí 465 V. Bude-li transformátor dimenzován na 600 V, tedy vytvoříme spád 20 V/cm, bude stejný výkon možný i při vzrůstu odporu na 10 Ω.cm. Pokud ne, lze pomocné elektrody 5 k sobě přiblížit a případně vložit další řadu pomocných elektrod 5. Při desetinásobku dnešního tavicího výkonu tedy 24 t.m⁻² za den pak činí střední doba zdržení skloviny 3 ve vaně 2,3 hod, což se již blíží dnes měřené době průchodu nejrychlejší proudnice 1,7 h. Tento čas zaručuje dobrou kvalitu skloviny 3. V této peci 1 lze tedy docílit téměř pístový tok, tj. 100% využití objemu pece 1.

Příklad 4

Na stejné peci 1 jako v příkladu 2 a se stejným uspořádáním elektrod 5, 10 chceme tavit velmi měkké sklo, jehož tavicí se vsázka 4 má měrný odpor 0,1 ohm.cm Mezi pomocnými elektrodami 5 je vloženo napětí 60 V, což vytvoří napět'ový spád 2 V.cm⁻¹. Z rovnice (1) vychází příkon 40 W.cm⁻³, tedy 400 kW.m⁻². To by znamenalo 10x vyšší tavicí výkon než dnešní. Případné zvýšení odporu na dvojnásobek by se korigovalo zvýšením napětí na 85 V.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Sklářská tavicí celoelektrická pec (1) se studenou hladinou skloviny (1), zahrnující žáruvzdornou nístěj (2) se dnem a bočními stěnami, v nístěji (2) je sklovina (3) s plovoucí vsázkou (4) sklářských surovin a sklářských střepu, je osazena běžnými topnými molybdenovými elektrodami (10), dále je pec (1) vybavena zakladačem (7) pro dopravu studené vsázky (4) na povrch plovoucí vsázky (4) v peci (1),
vyznačující se tím, že
do plovoucí vsázky (4) jsou zavedeny seshora topné pomocné elektrody (5), jejichž zesílené konce (6) jsou umístěny v dolní části plovoucí vsázky (4) a nezasahují do roztavené skloviny (3), pomocné elektrody (5) jsou opatřeny přívodem (8) elektrického proudu, přičemž mezi sousední pomocné elektrody (5) je vložen napět'ový gradient vyšší než 2 V.cm⁻¹ a nižší než 30 V cm⁻¹.
2. Sklářská tavicí celoelektrická pec podle nároku 1,
vyznačující se tím, že
pomocné elektrody (5) jsou navzájem rovnoběžně, mají deskovitý tvar a jsou zhotoveny z materiálu, který odolává působení plynu odcházejících ze vsázky (4) při teplotách 100 až 1000 °C.
3. Sklářská tavicí celoelektrická pec podle nároku 2,
vyznačující se tím, že
pomocné elektrody (5) mají spodní konec (6) zesílený a provedený z teplotně odolnějšího materiálu než horní část elektrody (5).
4. Sklářská tavicí celoelektrická pec podle nároku 3,
vyznačující se tím, že
zesílený konec (6) každé pomocné elektrody (5) je opatřen alespoň jedním termočlánkem.

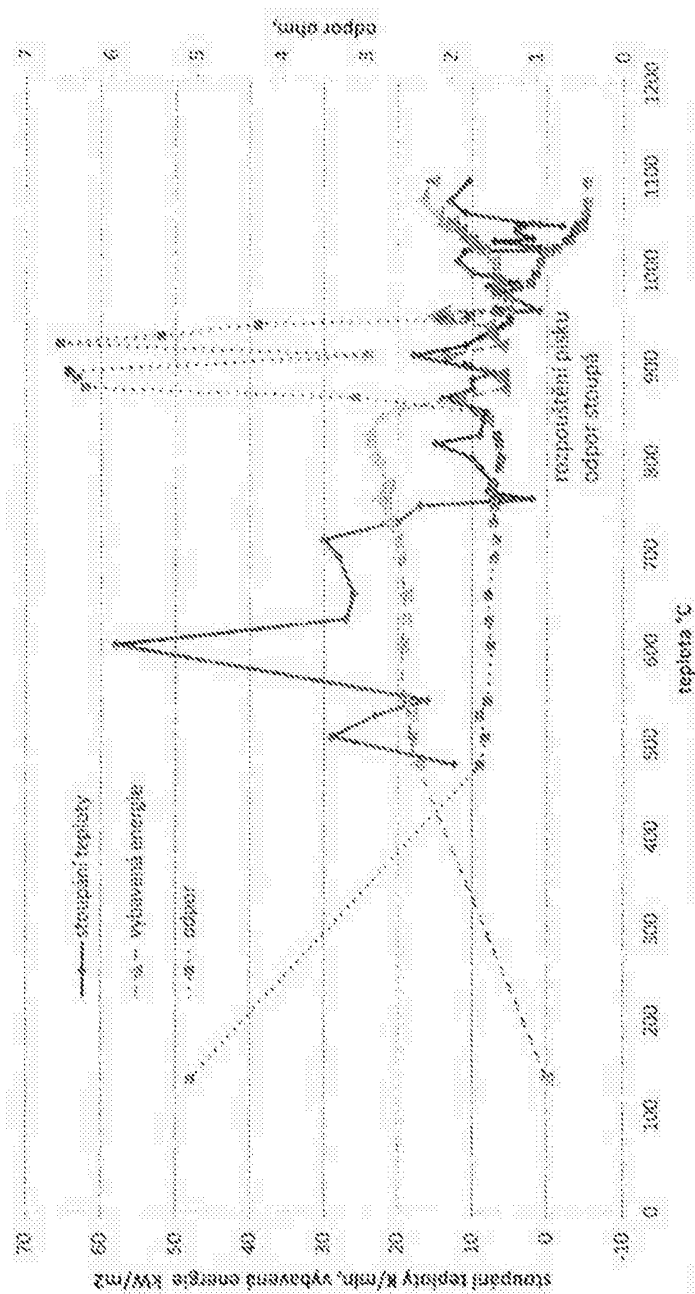
5. Sklářská tavicí celoelektrická pec podle některého z nároků 1 až 4,
vyznačující se tím, že
 pomocné elektrody (5) a jejich zesílené konce (6) jsou zhotoveny z materiálu ze skupiny
 5 zahrnující chromniklovou ocel, slitiny typu Kanthal, aluminidů kovů, vodivé keramiky.
6. Sklářská tavicí celoelektrická pec podle nároku 4,
vyznačující se tím, že
 pomocné elektrody (5) a/nebo jejich zesílené konce (6) jsou opatřeny povlakem, vzdorujícím
 10 plynným zplodinám z tavby skloviny (3), vybraným ze skupiny povlaku na bázi platiny niklu, chrómu či zirkonu.
7. Sklářská tavicí celoelektrická pec podle nároku 1,
vyznačující se tím, že
 15 nad vsázkou (4) a pomocnými elektrodami (5) situovaný zakladač (7) je vybaven čidlem (13) pro snímání teploty povrchu plovoucí vsázky (4).
8. Sklářská tavicí celoelektrická pec podle nároku 1,
vyznačující se tím, že
 20 pec (1) je v klenbě vybavena infrakamerou pro snímání teploty a ovládání pohybu zakladače (7).
9. Sklářská tavicí celoelektrická pec podle nároku 4 a/nebo 7,
vyznačující se tím, že
 termočlánek na každém zesíleném konci (6) pomocné elektrody (5) a/nebo čidlo (13) pro snímání
 25 teploty povrchu plovoucí vsázky (4) jsou napojeny na řídicí počítač pro úpravu polohy každé pomocné elektrody (5).
10. Sklářská tavicí celoelektrická pec podle nároku 1,
vyznačující se tím, že
 30 pomocné elektrody (5) jsou umístěny na posuvném elektricky izolovaném a/nebo nevodivém trámci (11).
11. Sklářská tavicí celoelektrická pec podle nároku 10,
vyznačující se tím, že
 35 elektricky izolovaný a/nebo nevodivý trámec (11) je připojen na zdvihací zařízení (9) pro vratně svislý posun pomocných elektrod (5).
12. Sklářská tavicí celoelektrická pec nároku 1,
vyznačující se tím, že
 40 nístěj (2) má na žáruvzdorných stěnách, přivrácených sklovině (3) a vsázce (4), instalovány svislé žárovzdorné trubice (14), jejichž horní konec je situovaný nad povrchem vsázky (4) a dolní konec ústí do vsázky (4) při teplotách 600 až 1000 °C pro odvádění plynných zplodin jejich otevřeným horním koncem.
- 45 13. Sklářská tavicí celoelektrická pec podle nároku 12,
vyznačující se tím, že
 žáruvzdorná trubice (14) je opatřena bočními otvory pro odvádění plynných zplodin, s výhodou zevnitř elektricky ohřívány k zamezení zalepení sklovinou (4).
- 50 14. Sklářská tavicí celoelektrická pec podle některého z předcházejících nároků 1 až 13,
vyznačující se tím, že
 pec (1) má půdorys obdélníkový či čtvercový nebo mnohoúhelníkový či kulatý.

2 výkresy

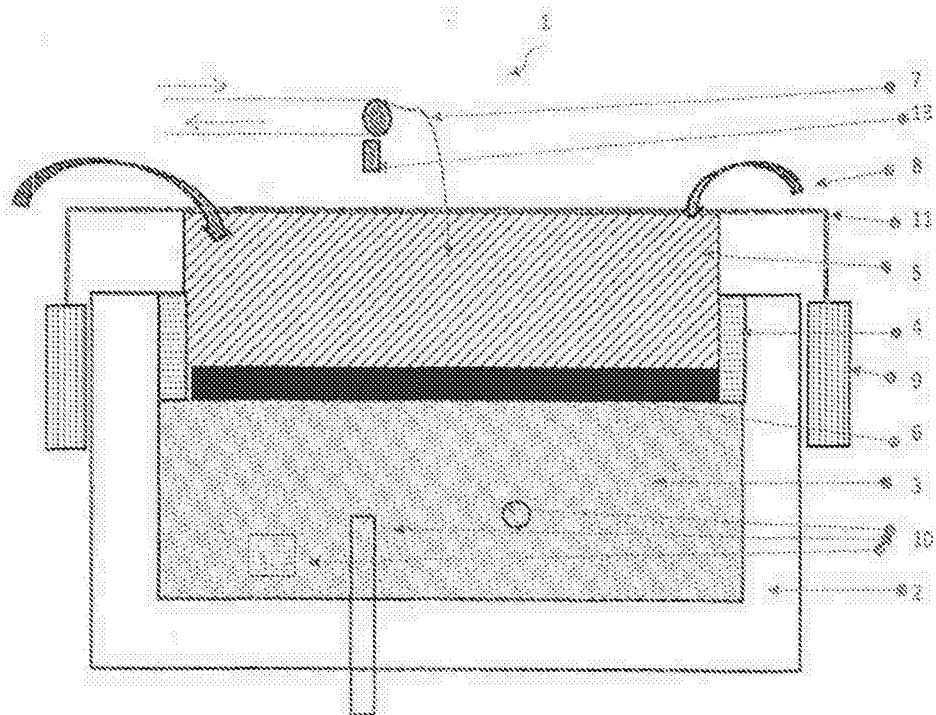
Seznam vztahových značek

- 1 pec
- 2 nístěj
- 3 sklovina
- 4 vsázka
- 5 pomocné elektrody 5 do vsázky 4
- 6 zesílený konec 6 pomocné elektrody 5
- 7 zakládač 7 vsázky 4 z dopravníku
- 8 přívod 8 proudu do pomocných elektrod 5
- 9 zdvihací zařízení 9 pomocných elektrod 5
- 10 molybdenové elektrody 10 do lázně skloviny 3
- 11 izolovaný nosný trámec
- 12 šipka 12 vyznačující postup vsázky nístějí 2 kolem pomocných elektrod 5
- 13 teplotní čidlo 13 zakladače 7 vsázky 4
- 14 trubice 14 mezi pomocnou elektrodou 5 a žáruvzdornou stěnou pece 1

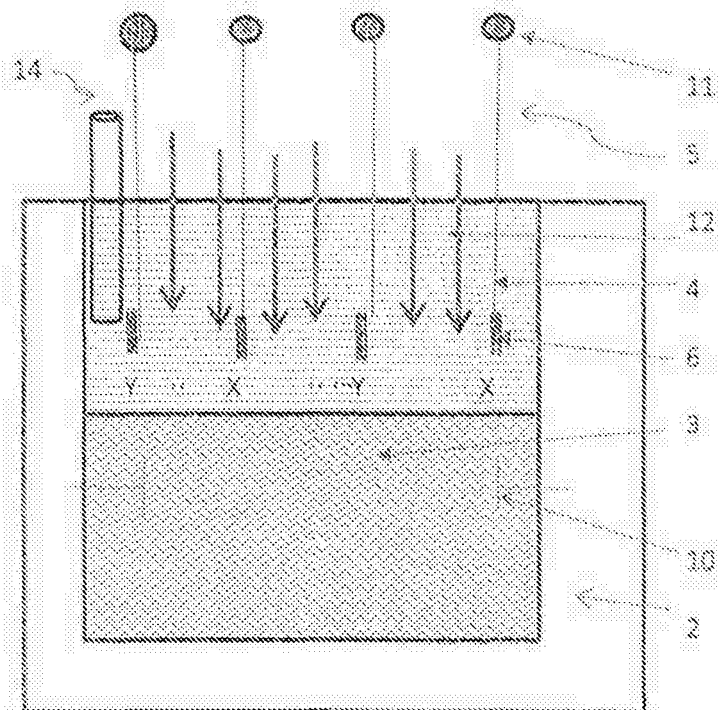
Rychlost stoupání teploty, odpor a vybavovaná energie během klesání vsázky



Obr.1



Obr. 2



Obr. 3