



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K PATENTU

253590

(11)

(82)

(51) Int. Cl.⁴
C 03 B 5/14

(22) Přihlášeno 20 07 84
(21) PV 5600-84
(32) (31)(33) Právo přednosti od 25 07 83
(516817) od 03 08 83 (519949,519950)
Spojené státy americké

(40) Zveřejněno 18 09 86

(45) Vydáno 15 09 88

(72) Autor vynálezu

DEMAREST HENRY MARTIN jr, NATRONA HEIGHTS, KUNKLE GERALD ERASMUS,
NEW KENSINGTON, MATEA JOSEPH MICHAEL, PLUM BORO, PENNSYLVANIA
(Sp. st. a.)

(73) Majitel patentu

PPG INDUSTRIES, INC., PITTSBURGH, PENNSYLVANIA (Sp. st. a.)

(54) Způsob tavení sklářských surovin

Dvoustupňové tavení vsázky využívá tepla veškerých spalín, vznikajících v tavicí nádobě spalováním paliva s vyšší koncentrací kyslíku než má vzduch, k protiproudovému předehřívání vsázky v pomalu rotující předehřívací nádobě. Vsázka v tavicí nádobě postupuje po stabilní vrstvě na stěnách nádoby, která rotuje rychlostí udržující stabilní vrstvu. Část vsázky se může přivádět bez předehřátí přímo do tavicí nádoby.

Vynález se týká sklářských surovin pro výrobu skla včetně plochého skla, obalového skla, na skleněná vlákna a sodnokřemičitého skla. Vynález je však použitelný i pro jiné postupy, které zahrnují tepelnou přeměnu obecně sypkého vsázkového materiálu v podstatě v pevné fázi na taveninu, např. pro metalurgické tavení a spékání jednosložkových nebo několikásložkových keramických, kovových a jiných materiálů.

Je známo, že kouřové plyny ze sklářských pecí vytápěných plamenem i z jiných tavicích pecí obsahují velké množství tepelné energie, která se dá znovu získat, aby se zvýšila celková účinnost postupu. Ke zpětnému získávání tepla z tavicích pecí se běžně používá regenerátorů a rekuperátorů, avšak jejich účinnost není dostatečně velká a mimoto jsou rozměrné, drahé a snadno se poškozuji. Místo předehřívání spalovacího vzduchu v regenerátorech nebo rekuperátorech bylo navrženo zpětně získávat odpadové teplo přes vsázkovou surovinu, realizaci však omezuje skutečnost, že některé suroviny ve formě částic jsou snadno unášeny proudem kouřových plynů.

K odstranění tohoto problému bylo proto navrženo aglomerovat, například peletovat jemnozrnné suroviny a uvádět aglomerát do styku s proudem spalin. Ukázalo se však, že náklady spojené s aglomerací vsázkového materiálu podstatně snižují ekonomické výhody rekuperace tepla, a v některých případech se unášení částic nezabrání ani použitím aglomerovaných surovin.

Tvorba prachu ze suchých práškových surovin představuje rovněž problém, vyskytující se při zakládání vsázky do běžné tavicí pece. Běžné opatření k odstranění tohoto problému spočívá ve zvlhčení vsázky, například vodou. Předehřátí vsázky na vyšší teplotu ovšem vylučuje její udržování ve vlhkém stavu.

Třebaže odpadní teplo z tavicích pecí je často k dispozici při teplotách, které mohou vyvolat užitečné reakce vsázky, bývá předehřátí suroviny omezeno na nižší teplotu, protože při vyšších teplotách může začátek tavení některých vsázkových surovin vést k ucpání předehřívacího zařízení. Tak například by bylo žádoucí přeměnit vsázkovou surovinu tvořenou uhličitany, která se typicky používá pro výrobu komerčního skla, na příslušné oxidy předehříváním vsázky na kalcinační teplotu: přesto však bývá předehřívání až dosud omezeno na poměrně nízké teploty tavení složky obsahující uhličitán sodný, což znemožňuje kalcinování složek obsahujících uhličitán vápenatý a hořečnatý.

Z amerického pat. spisu č. 4 381 934 je známý intenzivní způsob tavení vsázky, při kterém se velké objemy vsázky účinně taví v poměrně malém prostoru. Tento druh postupu, zejména při použití intenzivních zdrojů tepla, dává poměrně malý objem kouřových plynů; k dalšímu zvýšení účinnosti by však bylo žádoucí zpětně získávat teplo z těchto kouřových plynů. Zejména by bylo žádoucí zavádět získané teplo přímo do proudu suroviny.

Při tavení práškových materiálů mohou v tavenině zůstat zachycené plyny a přítomnost plyných inkluzí je nežádoucí, zejména v případě transparentního skla. Odstranění určitých plynů může být obtížnější než odstranění jiných plynů, například dusíku v případě skloviny. Je tedy velice žádoucí odstranit tyto plyny ze vsázky během jejího předběžného zpracování, aby se potom nezachytily a nezůstaly v roztaveném materiálu, například ve sklovině.

Z amerických pat. spisů č. 3 508 742 a č. 3 607 190 je známo přímé předehřívání vsázky na teploty ležící pod teplotou kalcinace. Z amerického pat. spisu č. 3 082 102 je známo předběžně zreagovat pelety skleněné vsázky: udává se, že teploty mají zůstat pod teplotami, při nichž probíhá slinování.

Vynález řeší uvedené problémy a jeho předmětem je způsob tavení sklářských surovin, při kterém se vsázka předehřívá v předehřívací nádobě spalínami a poté přemístí do tavicí nádoby k roztavení, přičemž je nesena stabilní vrstvou vsázky, po níž roztavená sklovina stéká a vytéká z tavicí nádoby.

Podstata vynálezu spočívá v tom, že teplo pro roztavení se získává převážně spalováním paliva s podstatně vyšší koncentrací kyslíku než má vzduch a veškeré spaliny vznikající při takovém spalování se uvádějí do styku se vsázkou v předehřívací nádobě. Účelně se vsázka během předehřívání promíchává otáčením předehřívací nádoby rychlostí, která vytváří odstředivou sílu nedostačující k překonání tíhy vsázky, zatímco tavicí nádoba se otáčí rychlostí umožňující udržení vrstvy vsázky na vnitřních stěnách tavicí nádoby působením odstředivé síly.

Při tavení sklovin pro výrobu sodnovápenatého skla se na kalcinační předehřívací teplotu zahřívá vápenec a/nebo dolomit, zatímco suroviny obsahující sodík, například soda a/nebo žíravá soda se nepředehřívají. Do té části vsázky, která se předehřívá na kalcinační teplotu, může patřit i písek. Materiál obsahující sodík se účelně zavádí přímo do tavicí nádoby.

S výhodou se vsázka zavádí do předehřívací nádoby v suchém sypkém stavu. Při získávání odpadního tepla přímým kontaktem mezi vsázkovým materiálem tvořeným částicemi a proudem kouřových plynů dochází k unášení částic vsázky. Při intenzivním protiproudovém styku mezi spaliny a materiálem vsázky může teplota spalin klesnout na rosný bod vody obsažené v produktech spalování, čímž se vytvoří na studeném konci rekuperační nádoby vlhké podmínky. Bylo zjištěno, že tyto podmínky způsobují zachycení největšího množství částic v proudu spalin, a to jak částic z tavicí nádoby, tak částic unášených ze vsázky během předehřívání. Účelně se proto podle vynálezu přivádí do tavicí nádoby teplo spalováním paliva s kyslíkem v nepřítomnosti dusíku a produkty spalování se odvádějí z předehřívací nádoby po ochlazení spalin pod rosný bod vodní páry, která je v nich obsažena.

Spalováním paliva s vysokou koncentrací kyslíku se zmenší objem kouřových plynů, což má zase za následek vyšší koncentraci vodní páry na jednotku objemu spalin, menší unášení částic vsázky v důsledku menší rychlosti proudu spalin a účinnější zvlhčování vsázky v důsledku vyššího rosného bodu při vyšší koncentraci vodní páry. Mimoto neobsahují spaliny dusík, takže jejich proud v předehřívací nádobě strhuje s sebou vzduch a do tavicí nádoby se nedostane dusík. Protože bublinky dusíku se ze skloviny poměrně těžko odstraňují, je nepřítomnost dusíku v tavicí nádobě velice výhodná.

Předehřívání surovin podle vynálezu je obzvláště výhodné ve spojení se zařízením podle zmíněného amerického spisu č. 4 382 934, kde dochází ke zkapalňování vsázky s podporovaným odplavením. Předehřívání vsázky snižuje spotřebu tepla pro zkapalnění vsázky, což by teoreticky mělo znamenat větší výkon tavicí nádoby. V běžné tavicí peci však této teoretické výhody nelze vždycky dosáhnout, protože prosazené množství je podstatně omezeno odtékáním úplně roztavené vsázky z masy vsázky, která se taví. Zkapalňovací zařízení podle uvedeného amerického pat. spisu podporuje toto odtékání nebo "odplavení" kapalně vsázky tím, že obsahuje šikmou tavicí plochu a zajišťuje rychlé odvádění kapalného materiálu; tato opatření jsou velice výhodná při vysokém výkonu spojeném s předehříváním vsázky.

Uvedená zařízení jsou obzvláště výhodná, když se vsázka zahřívá podle vynálezu spalováním paliva s kyslíkem a zejména tehdy, když vrstva vsázky obklopuje zdroj tepla s vysokou teplotou. Spalováním se samotným kyslíkem v takových zařízeních vzniká ve srovnání s běžnými tavicími sklářskými pecemi poměrně malý objem kouřových plynů s vysokou teplotou, jejichž proud se velice dobře hodí pro účely vynálezu, totiž pro regulaci rekuperační tepla a emise kouřových plynů. K provádění způsobu podle vynálezu lze ovšem použít i jiných vysokoteplotních zdrojů tepla, jejichž spaliny mají podstatně snížený objem dusíku. Mimoto lze suchou předehřátou vsázkou zavážet rovnou do tavicího stupně.

Způsob podle vynálezu lze charakterizovat jako dvoustupňové tavení vsázky, která se vede poměrně pomalu předehřívací nádobou, kde se zahřívá na teplotu blízkou začátku tavení, a pak se přemísť do tavicí nádoby, kde se ukládá na šikmou plochu a rychle se taví intenzivním zahříváním a odkud roztavená vsázka vytéká.

Způsob podle vynálezu tedy má tu výhodu, že vytváří v každém stupni podmínky, které zvětšují jeho účinnost na maximum. V předehřívací nádobě v podstatě není přestup tepla do vsázky časově omezen, pokud vsázka zůstává volně sypká. První nádoba proto může být poměrně velká, může se v ní používat relativně málo tepla a s výhodou se v ní vsázka promíchává, aby se celé množství prohřálo. Ve druhém stupni se do vsázky přivádí intenzivní teplo v poměrně malém prostoru, aby se vsázka roztavila. Strmě šikmá nosná plocha vsázky podporuje rychlé stékání a velké prosezené množství a tedy minimalizuje rozměry intenzivně zahřívané nádoby. Naproti tomu první nádoba využívá veškerého odpadního tepla z druhé nádoby a vsázka v ní postupuje poměrně malou rychlostí, aby se zvětšil přenos tepla mezi spaliny a vsázkou na maximum.

Poměrně pomalý pohyb materiálu v prvním stupni se udržuje tak dlouho, dokud surovina zůstává volně sypká, protože když se její teplota blíží teplotě tání jedné ze složek, vzniklá kapalná fáze vyvolává soudržnost mezi částicemi vsázky a může způsobit ucpání první nádoby a nestejnoměrné tavení ve druhé nádobě. Když se tedy vsázka blíží tomuto stavu, převádí se na šikmou plochu druhé nádoby a rychle se roztaví. Rztavená sklovina neobsahuje prakticky žádné bublinky dusíku ani jiných plynů a vede se přímo k dalšímu zpracování.

Způsob podle vynálezu bude vysvětlen v souvislosti se zařízením znázorněným na výkrese, kde značí obr. 1 v částečném řezu bokorys dvoustupňového zařízení na tavení vsázky podle vynálezu, obr. 2 řez vedený rovinou 2-2 na obr. 1, obr. 3 zvětšený svislý řez přechodovou částí mezi prvním a druhým stupněm zařízení z obr. 1 a obr. 4 půdorys zařízení z obr. 3, kde některé díly jsou pro zjednodušení vynechány.

Třebaže v následujícím textu bude vynález podrobně popsán ve spojení s tímto zařízením, které sestává z předehřívací rotační pece a z rotační tavicí nádoby, lze k provádění způsobu podle vynálezu použít i jiného předehřívacího a jiného tavicího zařízení a lze jím zpracovávat i jiné než sklářské suroviny.

Na obr. 1 je znázorněna předehřívací rotační pec 10, kterou prochází v protiproudu vsázka a spaliny a odkud se vede předehřátá vsázka do tavicí nádoby 12. Suroviny se přivádějí do vstupního nebo studeného konce rotační pece 10 spojitým vážicím a dávkovacím ústrojím 13 a přívodní troubou 14. Do vážicího a dávkovacího ústrojí 13 lze přivádět jediný předběžně promíchaný proud vsázkových surovin, nebo do vstupu rotační pece 10 lze přivádět odděleně odměřené jednotlivé složky dávky, protože rotační pec 10 slouží sama jako míchadlo. Příklad složení vsázky, používané při komerční výrobě plochého skla, je tento:

písek	1 000 hmot. dílů
soda	313,5
vápenec	84
dolomit	242
anglická červeň	0,75

Alternativně nebo jako přísady lze použít i jiné minerální suroviny. Vsázka obvykle obsahuje velkou část střeptů (skleněné drtě), a to typicky 20 až 40 % celkové hmotnosti vsázky. Způsob podle vynálezu však umožňuje zpracovat jakékoliv množství střeptů, a to i 100 %. Uvedené složení suroviny dává přibližně toto sklo:

oxid křemičitý	SiO ₂	73,10 % hmot.
oxid sodný	Na ₂ O	13,75
oxid vápenatý	CaO	8,85
oxid hořečnatý	MgO	3,85
oxid hlinitý	Al ₂ O ₃	0,10
oxid železitý	Fe ₂ O ₃	0,10

Otevřený studený konec rotační pece 10 je uzavřen ve výfukové komoře 15, která vede kouřové plyny opouštějící pec do kanálu 16. Kanál 16 může vést k neznázorněnému dmychadlu, které vytváří tah k protlačování kouřových plynů rotační pecí 10 a jejich vytlačování do atmosféry neznázorněným komínem.

V těch případech, kdy v rotační peci 10 má probíhat kalcinování, se poměrně nízkoteplotní složky vsázky, jako je soda a střepy, nezavádějí do rotační pece 10, nýbrž přímo do tavicí nádoby 12. Komerční vápenec a dolomit nejsou ani chemicky čisté ani stejnoměrné, a kalcinování vápence a dolomitu probíhá v širokém teplotním rozmezí, k úplnému kalcinování je žádoucí teplota nad 870°C . Když se pracuje s kalcinací, vynechá se z materiálů procházejících rotační pecí 10 soda, která má teplotu tání 85°C , aby soda neroztála v peci 10, což by vyvolalo adhezi částic vsázky k sobě; žíravá soda, která někdy nahrazuje sodu při výrobě sodného skla, má rovněž teplotu tání pod kalcinačními teplotami, a nepřidává se do surovin vedených rotační pecí 10, aby nevznikala kapalná fáze na horkém konci pece při kalcinování.

Kalcinování má tu výhodu, že nejen snižuje tepelné zatížení tavicí nádoby 12, nýbrž i odstraňuje chemicky vázaný oxid uhličitý z taveného materiálu před rozstavením složek vsázky a tedy znemožňuje vznik bublinek oxidu uhličitého ve sklovině. Když se surovina tvořící zdroj sodíku přidává do tavicí nádoby 12 odděleně, je výhodnější používat místo sody hydroxid sodný, který je prostý oxidu uhličitého. Střepy plochého skla začínají měknout při teplotách kolem 650°C a mají být proto rovněž vedeny mimo rotační pec 10, v níž probíhá kalcinace.

Naproti tomu písek, který je hlavní součástí sklářské suroviny, má s výhodou doprovázet vápenec a dolomit na jejich cestě rotační pecí 10 při kalcinačních teplotách. Písek se nejenom přehřívá, nýbrž současně udržuje vápenec a dolomit ve volně sypkém stavu. V nepřítomnosti zdroje sodíku lze skleněnou vsázku zahřívát až na teplotu asi $1\,300^{\circ}\text{C}$ bez aglomerace.

Rotační pec 10 je obvyklé konstrukce a sestává v zásadě z ocelového válce 20, který je uložen otočně kolem podélné osy skloněné mírně vůči vodorovné rovině, aby se vsázka pohybovala od studeného k horkému konci vlastní hmotností a postupným přepadáváním uvnitř pece. Doba prodlevy v rotační peci 10 může být vztažena k základním parametrům pece podle následujícího empirického vzorce

$$t = 19,3 \text{ L/NDS}$$

kde

t	je doba prodlevy (min)
D	je průměr (cm)
L	je délka (cm)
N	je frekvence otáčení (min^{-1})
S	sklon (cm.m^{-1})

Doba prodlevy v rotační peci závisí na žádaném prosazení při tavení a na množství tepla, které kouřové plyny mají předat tuhé vsázce. Na základě těchto požadavků a podle shora uvedeného vzorce lze navrhnout rotační pec vhodnou pro účely vynálezu.

Aby nedocházelo k tepelným ztrátám, je rotační pec 10 s výhodou tepelně izolována. Izolací může být žárovzdorný plášť z vlny, který obklopuje ocelový válec 20 z vnější strany, nebo keramická vyzdívka uvnitř ocelového válce 20, jak je znázorněno v částech rotační pece 10 na obr. 1. Úsek rotační pece 10 blízko horkého konce je opatřen ve znázorněném příkladě žárovzdornou vyzdívkou 21, která může být vhodnější pro zvýšení odolnosti proti vysokým teplotám v horkých částech pece, zejména při práci při kalcinačních teplotách. Jinak je výhodné vytvořit izolační vrstvu 22 mezi vnějším ocelovým válcem 20 a vnitřním kovovým pláštěm 23, jak je zakresleno ve střední části rotační pece 10 na obr. 1.

Když se neklade důraz na tepelnou trvanlivost, je pro výrobu skla výhodnější ocelový plášť, protože má menší tendenci erodovat a znečišťovat produkty eroze protékající vsázkový materiál, což se často stává u žárovzdorné vyzdívky.

Přestup tepla v rotační peci 10 je ovlivněn promícháváním vsázky, které je zase funkcí rychlosti otáčení pece a dá se zvýšit její vnitřní konstrukcí. Odborníkům v oboru rotačních pecí jsou běžně známy nejrůznější přepážky sloužící ke zvýšení přenosu tepla, které lze použít v rámci vynálezu. Na obr. 1 je znázorněno několik případů. V blízkosti horkého konce rotační pece 10 je do šroubovice uložen větší počet zvedačů 25, což jsou keramické výstupky nebo kovové výstupky v případě sekce pece s kovovou izolací, které vyčnívají radiálně dovnitř z vnitřních stěn pece a slouží ke zvedání suroviny a jejímu pouštění dolů přes proud horkých plynů.

Další příklad uspořádání sloužícího ke zvětšení kontaktní plochy je znázorněn ve střední části rotační pece 10, kde velký počet kovových desek 26 probíhá radiálně mezi vnitřním kovovým pláštěm 23 a střední trubkou 27, jak je rovněž patrné z příčného řezu na obr. 2. Ve studeném konci rotační pece 10 je s výhodou zavěšen větší počet řetězů 28, které drtí shluky, které by mohly v této části pece vzniknout vlivem kondenzace vodní páry, a zvětšují plochu tepelné výměny mezi kouřovými plyny a vsázkou. Stupeň promíchávání, kterého se dosahuje přepážkami nebo rychlostí otáčení, nesmí být tak velký, aby vyvolal nadměrné unášení vsázky proudem kouřových plynů.

Dalším činitelem, který snižuje unášení vsázky kouřovými plyny, je průměr rotační pece 10, který má být tak velký, aby se zabránilo příliš velkým rychlostem plynů při předpokládaném objemovém průtočném množství kouřových plynů pro danou operaci.

Tavicí nádoba 12 je toho typu, ve kterém se stabilní vrstva vsázky otáčí kolem vytápěné střední dutiny kolem v podstatě svislé osy otáčení. Tavicí nádoba 12 sestává z ocelového bubnu 35, který podle obr. 3 může mít stupňovité stěny, aby se zmenšilo množství rotujícího materiálu. Buben 35 může mít samozřejmě i rovné válcové stěny nebo může být kuželový. Buben 35 je nesen kruhovým rámem 36, který je uložen otočně kolem v podstatě svislé osy, odpovídající ose bubnu 35, na soustavě nosných válců 37 a středních válců 38. V dolní sekci 39 je uspořádáno vypouštěcí ústrojí, které lze odejmout od zbytku bubnu 35.

Dolní sekce 39 může být opatřena prstencem žárovzdorné hmoty 40, například litého žárovzdorného cementu, v němž je vsazen výtokový kámen 41 ze žárovzdorného materiálu odolného proti erozi. Výtokový kámen 41 může být složen z několika kusů keramické látky. Středový otvor 42 ve výtokovém kameni 41 slouží jako výtokový otvor z tavicí nádoby 12. Vypouklý žárovzdorný kryt 43 je podepřen na neotočném kruhovém rámovém dílu 44 a má otvor 45, do kterého je vsazen hořák 46.

Hořák 46 je s výhodou širokouhlý hořák s několika tryskami a přivádí se do něj s výhodou kyslík a plynné palivo, zejména metan. Aby se do systému nedostával oxid uhličitý, může se v hořáku 46 spalovat kyslík a vodík.

Spaliny unikají nahoru výstupním otvorem 47 v krytu 43 a procházejí do kouřového kanálu 48. Vsázka se přivádí do tavicí nádoby 12 otvorem 47 přívodního žlabu 50. K odizolování vnitřku tavicí nádoby 12 od vnější atmosféry a k zachycení unikajícího prachu a par slouží horní a dolní vodní uzávěr 51, 52.

Uvnitř tavicí nádoby 12 se udržuje stabilní vrstva 53 neroztavené vsázky, která ulpívá na stěnách bubnu 35 a obklopuje střední dutinu, v níž probíhá hoření. Stabilní vrstva 53 se může vytvořit v začátku operace do žádoucího parabolického tvaru tím, že se do bubnu 35 rotujícího bez zahřívání přivádí surovina. Tato první vsázka může být zvlhčena vodou, aby se podpořila tvorba stabilní vrstvy 53. Během tavení způsobuje spojitý přívod vsázky přívodním žlabem 50 rozložení vsázky po celé ploše stabilní vrstvy 53 tím,

že buben 35 rotuje. Teplo z hořáku 46 způsobí, že přechodná vrstva 54 vsázky se taví a stéká po stabilní vrstvě 53 směrem dolů středovým otvorem 42. Roztavená vsázka pak vytéká z tavicí nádoby 12 a může se zachycovat ve sběrné nádobě 55 pro případné další zpracování.

Alespoň v horní části tavicí nádoby 12 spočívá přechodná vrstva 54 tavicí vsázky na příkře nakloněné ploše vzhledem ke svislici. Třecí odpor vsázky ve formě částic brání stékání po šikmé ploše, avšak jakmile přejde materiál působením tepelné energie do kapalně fáze, třecí odpor značně poklesne a roztavený materiál okamžitě stéká dolů a jeho místo zaujímá v přechodné vrstvě 54 čerstvý materiál přicházející shora. Otáčení tavicí nádoby 12 podporuje udržování šikmé tavicí plochy. Obrys povrchu stabilní vrstvy 53 lze vyjádřit na základě teoretického vztahu mezi rychlostí otáčení a tvarem vrstvy suché volné vsázky touto rovnicí:

$$H = \mu R + (2\pi^2 \omega^2 R^2) / g$$

kde

H je výška bodu na povrchu vsázky ve směru rovnoběžném s osou otáčení,
 R je radiální vzdálenost tohoto bodu od osy otáčení,
 μ je součinitel tření,
 ω je úhlová rychlost a
 g je tíhové zrychlení.

Součinitel tření lze považovat za tangentu sypného úhlu, který je pro suchou sklářskou surovinu typicky asi 35° . Uvedený vzorec lze použít při volbě vhodných rozměrů rotační tavicí nádoby 12 při dané rychlosti otáčení nebo naopak pro určení vhodné rychlosti otáčení dané nádoby.

Přechodná vrstva 54 kapalně vsázky stéká na nosné ploše, která sestává v podstatě pouze z materiálů vsázky, takže nedochází ke kontaminujícímu kontaktu se žárovzdornými materiály. Protože sklovina je dobrý tepelný izolant, chrání dostatečně silná stabilní vrstva 53 všechny pod ní ležící části konstrukce proti tepelnému poškození. Protože tedy je tavicí nádoba 12 chráněna jak tepelně, tak proti styku s korozivními roztavenými látkami, lze pro její výrobu volit levnější materiály, například pro buben 35 i měkkou ocel. Úspory, kterých lze tím dosáhnout, jsou podstatné.

Poněvadž buben 35 je chráněn izolačním účinkem stabilní vrstvy 53 vsázky, není třeba vnějšího chlazení, čímž se zase zabrání odběru užitečného tepla z tavicího procesu. Protože izolující stabilní vrstva 53, která nekontaminuje vsázku, obklopuje vytápěnou tavicí dutinu, lze použít tepelných zdrojů, které pracují s podstatně vyššími teplotami než v běžných pecích se žárovzdornou vyzdívkou, například spalovacích hořáků s přívodem kyslíku, plasmových hořáků nebo elektrického oblouku.

Teplota, při které vsázka začíná téci, závisí na složení vsázky, zejména na množství a teplotě tání složek s nejnižší teplotou tání. Běžná sklářská surovina s obsahem bezvodé sody se začíná tavit v teplotním rozmezí od $1\ 090$ do $1\ 150\ ^\circ\text{C}$. Roztavený materiál vytéká z tavicí nádoby, jakmile přijde do tekutého stavu, takže sklovina vytékající z tavicí nádoby 12 má prakticky stejnou teplotu, blíží se tavicí teplotě daného složení vsázky. Když sklovina vytéká z tavicí nádoby 12, dodává se jí obvykle ještě přídatné teplo, a proto běžná sklovina na výrobu plochého skla vytéká z tavicí nádoby 12 při teplotě mezi $1\ 150$ a $1\ 260\ ^\circ\text{C}$. Protože teplo se odvádí z tavicí nádoby při tavicí teplotě, která je podstatně nižší než bývají teploty v běžných tavicích pecích, teplotu tavicí nádoby lze udržovat na poměrně nízké hodnotě bez ohledu na teplotu tepelného zdroje.

V důsledku toho lze výhodně využít předností většího tepelného toku, dodávaného teplejšími zdroji tepla, aniž by bylo třeba upravovat tavicí nádobu 12 složitým a neobvyklým způsobem. Použití zdrojů tepla s vysokou teplotou je výhodné také tím, že snižuje objem kouřových plynů vyloučením vzdušného dusíku.

Nepřítomnost dusíku je výhodná také proto, že ve skle nevznikají bublinky. Podle potřeby lze použitím plazmového hořáku se vhodným nosným plynem vytvořit v tavicí nádobě 12 atmosféru prostou oxidu uhličitého, zejména ve spojení s kalcinovanou vsázkou. Atmosféru prostou oxidu uhličitého lze rovněž vytvořit spalováním kyslíku a vodíku. Výhoda nepřítomnosti dusíku vyplývá z toho, že intenzita vyzařování dusíku, to znamená účinnost, se kterou plyn vydává svou tepelnou energii, je mnohem nižší než intenzita vyzařování oxidu uhličitého a vody.

V nepřítomnosti dusíku tedy nedochází v ředění oxidu uhličitého a/nebo vody, vzniklých při spalování, a uvolňování energie je intenzivnější. Poznamenává se, že výhod vyplývajících z vyloučení dusíku lze dosáhnout i po stupních a že už dílčí zmenšení obsahu dusíku přináší značné zlepšení.

Je žádoucí, aby tepelná vodivost materiálu použitého k vytvoření stabilní vrstvy 53 byla poměrně nízká, aby bylo možné vytvořit vrstvu praktické tloušťky bez nezbytného nuceného chlazení vnějšku tavicí nádoby 12. Obecně poskytují zrnité nebo práškové minerální suroviny dobrou tepelnou izolaci, ale v některých případech lze použít jako nekontaminující stabilní vrstvy 53 meziprodukt nebo produkt tavení. Například při výrobě skla mohou stabilní vrstvu 53 tvořit skleněné stěpy, třebaže v tomto případě musí být vrstva poněkud silnější, poněvadž sklo má vyšší tepelnou vodivost než sklovina.

V metalurgických pochodech naproti tomu by použití kovového produktu jako stabilní vrstvy 53 vyžadovalo příliš velkou tloušťku vrstvy k dostatečné tepelné ochraně tavicí nádoby 12. Některé rudné materiály mohou být v tomto případě vyhovující jako izolační vrstvy. Stabilní vrstva 53 je s výhodou v podstatě stejného složení jako zpracováváný materiál. Je ovšem samozřejmé, že prekursorů nebo odvozené materiály se považují za látky v podstatě stejného složení. To znamená, že stabilní vrstva 53 může být tvořena surovinou, produktem, meziproduktem nebo jinými formami nebo jejich směsí, pokud tyto látky tají nebo reagují na substanci, která nazývá větší množství cizích složek do protékajícího proudu.

Je rovněž samozřejmé, že požadavky na takové složení stabilní vrstvy mohou platit případně pouze na její povrchovou část, která se skutečně dotýká protékajícího roztaveného materiálu, a na části ležící těsně pod povrchem, které mohou případně přejít v důsledku eroze do taveniny. Ekvivalentní uspořádání může tedy sestávat z různých materiálů v těch částech stabilní vrstvy 53, které leží pod úrovní, v níž může docházet k erozi. Protože tato podpovrchová část potom slouží především jako izolace k ochraně nádoby, může být složena z materiálů zvolených pro své tepelné izolační vlastnosti, například z písku nebo keramických částic, musí ovšem být co do složení dostatečně slučitelné, aby nekontaminovaly při provozních teplotách povrchovou vrstvu.

Pojmy "stabilní vrstva" a "přechodová vrstva" jsou relativní a přesná fyzikální hranice mezi nimi nemusí být vždycky rozeznatelná. Pojmy "stabilní" a "přechodná" nevylučují případné mírné kolísání styčné plochy těchto vrstev. Základní rozdíl spočívá v tom, že oblast, která se uvádí jako přechodná vrstva, je charakterizována tavením a tečením, zatímco oblast uváděná jako stabilní vrstva se alespoň ve své největší části nepodílí na tavení a tečení protékající suroviny. Třebaže se uvádí, že přechodná vrstva leží na stabilní vrstvě, mohla by se teoreticky definovat mezi nimi prostřední vrstva, takže je samozřejmé, že vynález zahrnuje i tuto možnost.

V některých případech může být předebrátá vsázka zaváděna přímo z výstupu rotační pece 10 do tavicí nádoby 12, výhodnější však je uspořádání podle obr. 3, kde rotační pec 10 a tavicí nádoba 12 jsou od sebe odděleny. Bylo totiž zjištěno, že když je konec rotační pece 10 přímo spojen s otvorem 47 tavicí nádoby 12, dochází ke spékání suroviny v rotační peci 10, pravděpodobně vlivem zářivé energie z tavicí nádoby 12, která přehřívá surovinu v rotační peci 10.

Tento problém odstraňuje přechodový úsek mezi rotační pecí 10 a tavicí nádobou 12, který zahrnuje přívodní žlab 50 k vedení přehřáté suroviny a nástavec 61 kouřového kanálu 48. Nástavec 61 vede spaliny do horní části rotační pece 10 mimo sklářskou vsázku 60 a stíní rotační pec 10 proti přenosu zářivé energie z tavicí nádoby 12. V kouřovém kanálu 48 může být uspořádána stavitelná clona 62, která reguluje tlak v tavicí nádobě 12. V případě, že je třeba zvýšit teplotu kouřových plynů za účelem kalcinování suroviny v rotační peci 10, může být nástavec 61 opatřen otvory 63, znázorněnými přerušovanou čarou na obr. 3 a sloužícími pro vsazení pomocných hořáků 64 (obr. 4).

Přívodní žlab 50 může být opatřen chlazenou čelní deskou 70, která je přivrácena k proudu spalin a zabraňuje přehřátí vsázky a ucpání přívodního žlabu 50. Dále je na výstupním konci opatřen výkyvnou, vodou chlazenou přepážkou 71, která nastavitelně směřuje spadávající přehřátou surovinu na žádoucí část stabilní vrstvy 53 v tavicí nádobě 12. Na výstupním konci může být rovněž uspořádána keramická deska 72, která odklání spadávající materiál od horního okraje bubny 35. V případě, že se má z bezpečnostních důvodů zastavit přívod materiálu do tavicí nádoby 12, lze k tomu použít odchylovací desky 73, na vstupu do přívodního žlabu 50, která odklání materiál přicházející z rotační pece 10 do vypouštěcího žlabu 74.

Mezi rotační pecí 10 a přechodovou sekcí může být vytvořeno těsnění 75, například ze syntetického polymeru (teflonu) nebo z grafitu, které dosedá na kruhové žebro 76, vyčnívající radiálně z vnějšího válce 20 rotační pece 10. Těsnění 75 může být uloženo v prstencové skříní 77.

Na obr. 4 je znázorněn pomocný podavač 80, kterým se přivádí suroviny, nepředehřáté nebo předehřáté nezávisle na ostatních surovinách v rotační peci 10, do tavicí nádoby 12. Pomocného podavače 80 lze například použít pro zavádění bezvodé sody, žíravé sody nebo skleněných střepů do tavicí nádoby 12, zejména v tom případě, když se v rotační peci 10 kalcinuje uhlíkatý vápenatý a/nebo hořečnatý. Pomocný podavač 80 může být tvořen šnekovým podavačem, sestávajícím z násypky 81, motoru 82 a šnekového bubnu 83, a přivádí materiál otvorem 47 v žárovzdorném krytu 43 na horní okraj stabilní vrstvy 53. Ma-li se přivádět na vstup tavicí nádoby 12 odděleně větší množství různých materiálů, lze použít několika pomocných podavačů stejného typu, jako je pomocný podavač 80.

Sklon rotační pece 10 lze zvolit podle žádané doby prodlevy materiálu uvnitř pece, přičemž při použití vhodného nosného ústrojí může být úhel pece proměnlivý. Je však výhodné, když pevný sklon má velikost asi 1 až 5° , účelně 2° vzhledem k horizontále a když se doba prodlevy reguluje změnou rychlosti otáčení rotační pece 10. Rychlost otáčení má ležet v takovém rozmezí, aby se vsázkové suroviny převalovaly v dolní části válce, aniž by větší objemy vsázky byly unášeny odstředivou silou po vnitřním povrchu rotační pece 10.

Sklářská surovina na horkém konci rotační pece 10, přehřátá asi na 480°C , má pololepivou konzistenci, která odolává prášení. Až do teploty asi 760°C nevede tato lepivá konzistence k nežádoucímu shlukování a ucpání. Sklářské suroviny bez sody nebo/a ekvivalentního zdroje sodíku dosahují podobného stavu, když se zahřejí do blízkosti kalcinační teploty vápence a dolomitu. Lepivá konzistence je výhodná tím, že umožňuje zavádět suroviny do tavicí nádoby 12 při minimálním prášení. Rovněž je výhodné, že začátek vzniku této lepivé konzistence odpovídá přemístění vsázky prakticky z vodorovné nosné plochy uvnitř rotační pece 10 na v podstatě svislou nosnou plochu v tavicí nádobě 12, čímž se zajistí spojitý a stejnoměrný průtok materiálu celou soustavou.

V následujícím je uveden příklad zařízení, které v podstatě odpovídá výkresu a předchozímu popisu a ve kterém byla zpracována standardní skleněná vsázka pro výrobu plochého skla, obsahující sodu, a to v množství 27 tun za den. Rotační pec 10 měla délku 15 m a vnitřní průměr 76 cm. Vnitřní plocha rotační pece 10 byla 46 m^2 , pec se otáčela s frekvencí 3 min^{-1} a měla sklon 2° .

Tavicí nádoba 12 měla vnitřní průměr 130 cm, otáčela se s frekvencí 32 min^{-1} a byla zahřívána hořákem, v němž se spaloval metan a kyslík, s tepelným výkonem přibližně 878 kW, čímž vznikalo při standardní teplotě a tlaku 957 m^3 za hodinu kouřových plynů. Spaliny vstupovaly do rotační pece 10 při teplotě 888°C a opouštěly ji o teplotě 246°C . Skleněná vsázka byla zaváděna do rotační pece 10 při teplotě 16°C a byla v ní zahřívána na teplotu 593°C . Sklovina vytékající z tavicí nádoby 12 měla teplotu 1236°C .

P R E D M Ě T V Y N Á L E Z U

1. Způsob tavení sklářských surovin, při kterém se vsázka předehřívá v předehřívací nádobě spaliny a poté přemístí do tavicí nádoby k roztavení, přičemž je nesena stabilní vrstvou vsázky, po níž roztavená sklovina stéká z tavicí nádoby, vyznačený tím, že teplo pro roztavení se získává převážně spalováním paliva s podstatně vyšší koncentrací kyslíku než má vzduch a veškeré spaliny vznikající při takovém spalování se uvádějí se vsázkou v předehřívací nádobě.

2. Způsob tavení podle bodu 1, vyznačený tím, že vsázka se během předehřívání promíchává otáčením předehřívací nádoby rychlostí, která vytváří odstředivou sílu nedostačující k překonání tíže vsázky, zatímco tavicí nádoba se otáčí rychlostí umožňující udržení vrstvy vsázky na vnitřních stěnách tavicí nádoby působením odstředivé síly.

3. Způsob tavení podle bodu 1 nebo 2, vyznačený tím, že do předehřívací nádoby se zavádí pouze surovina obsahující uhličitán vápenatý, předehřívá se ke kalcinování alespoň části uhličitanu a odvádí se do tavicí nádoby, kde se zahřívá s materiálem obsahujícím oxid křemičitý a sodík k roztavení ve sklovinu.

4. Způsob podle bodu 3, vyznačený tím, že materiál obsahující sodík se zavádí přímo do tavicí nádoby.

5. Způsob podle jednoho z bodů 1 až 4, vyznačený tím, že dusíku prostými spaliny, vedenými předehřívací nádobou, se odvádí zachycený dusík z materiálů procházejících předehřívací nádobou.

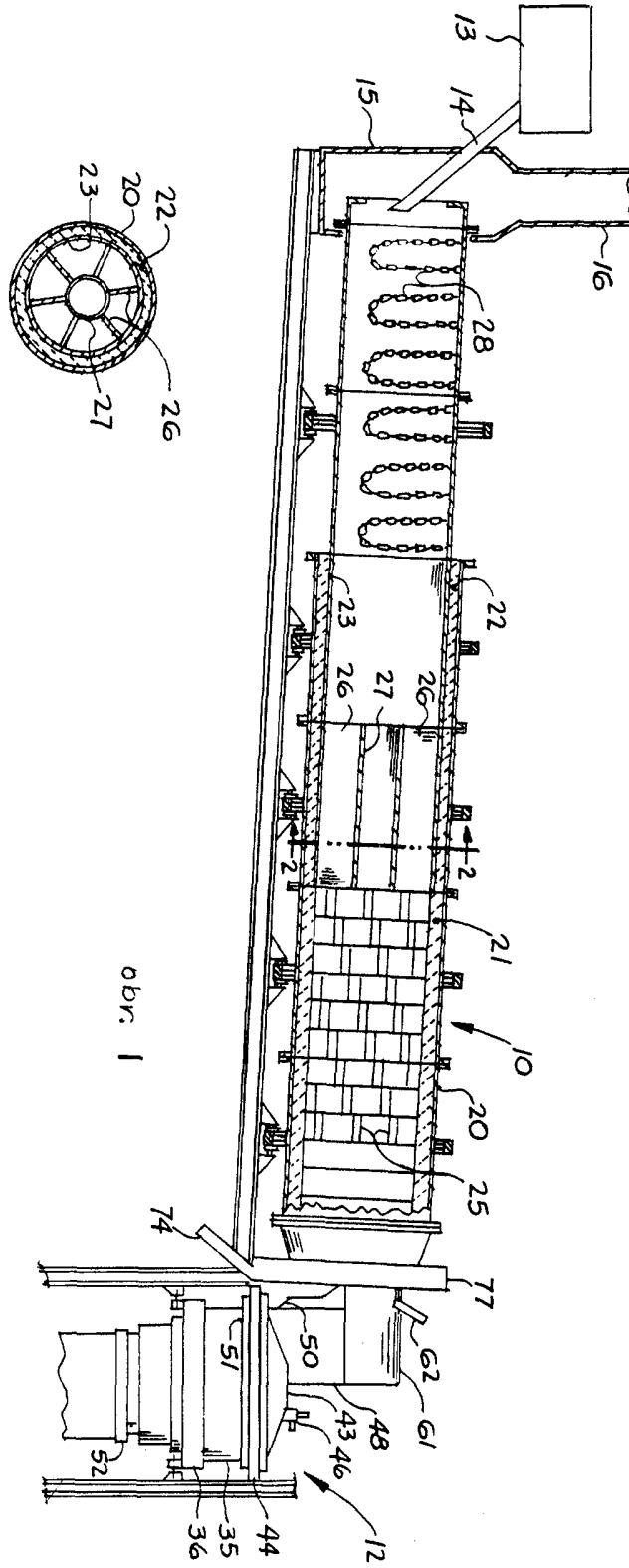
6. Způsob podle jednoho z bodů 1 až 5, vyznačený tím, že do tavicí nádoby se přivádí teplo spalováním paliva s kyslíkem v nepřítomnosti dusíku a produkty spalování se odvádějí z předehřívací nádoby po ochlazení spalin pod rosný bod vodní páry, která je v nich obsažena.

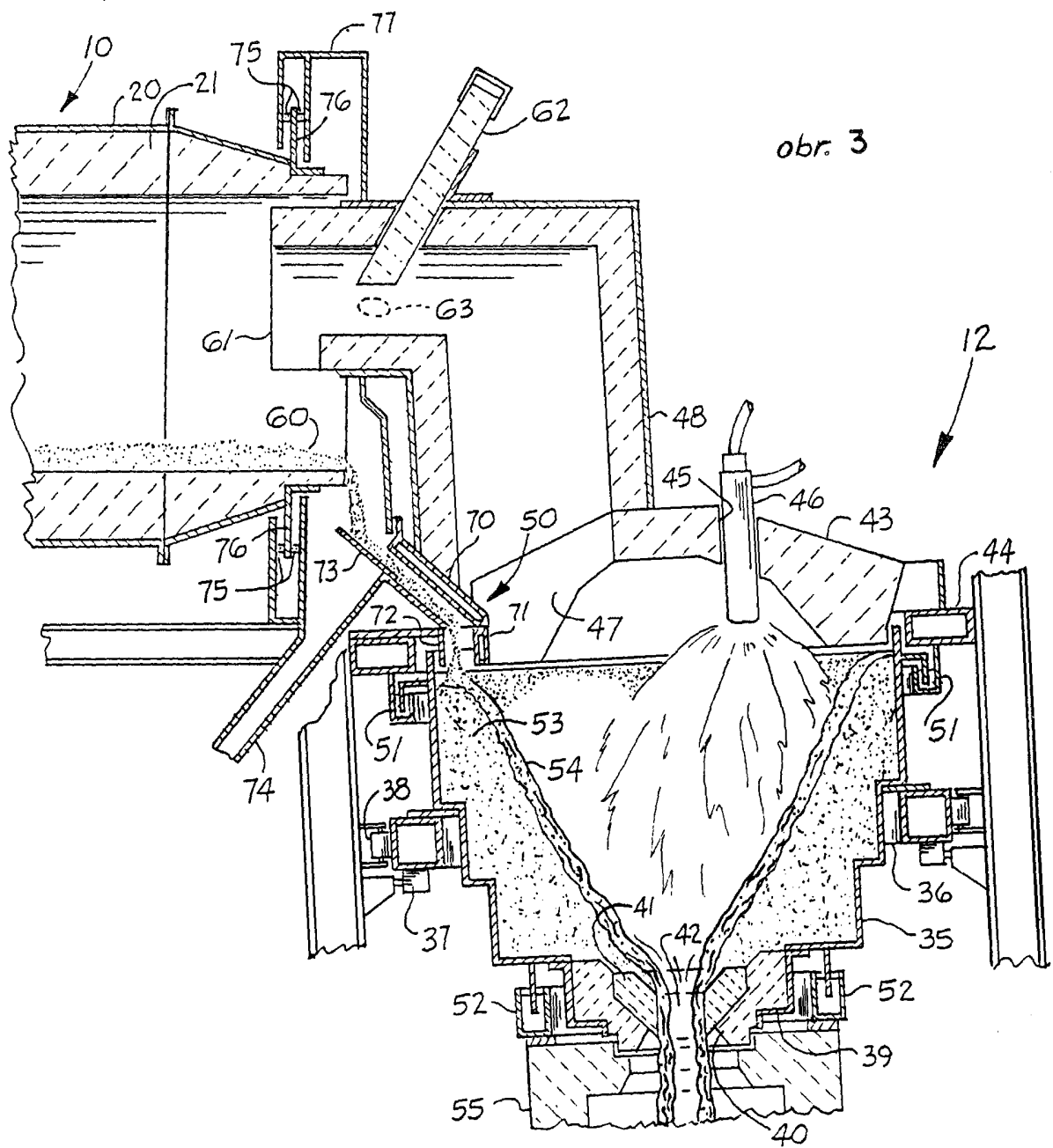
7. Způsob podle bodu 6, vyznačený tím, že produkty spalování, přiváděné do předehřívací nádoby, se vyrobí spalováním vodíku s kyslíkem v tavicí nádobě.

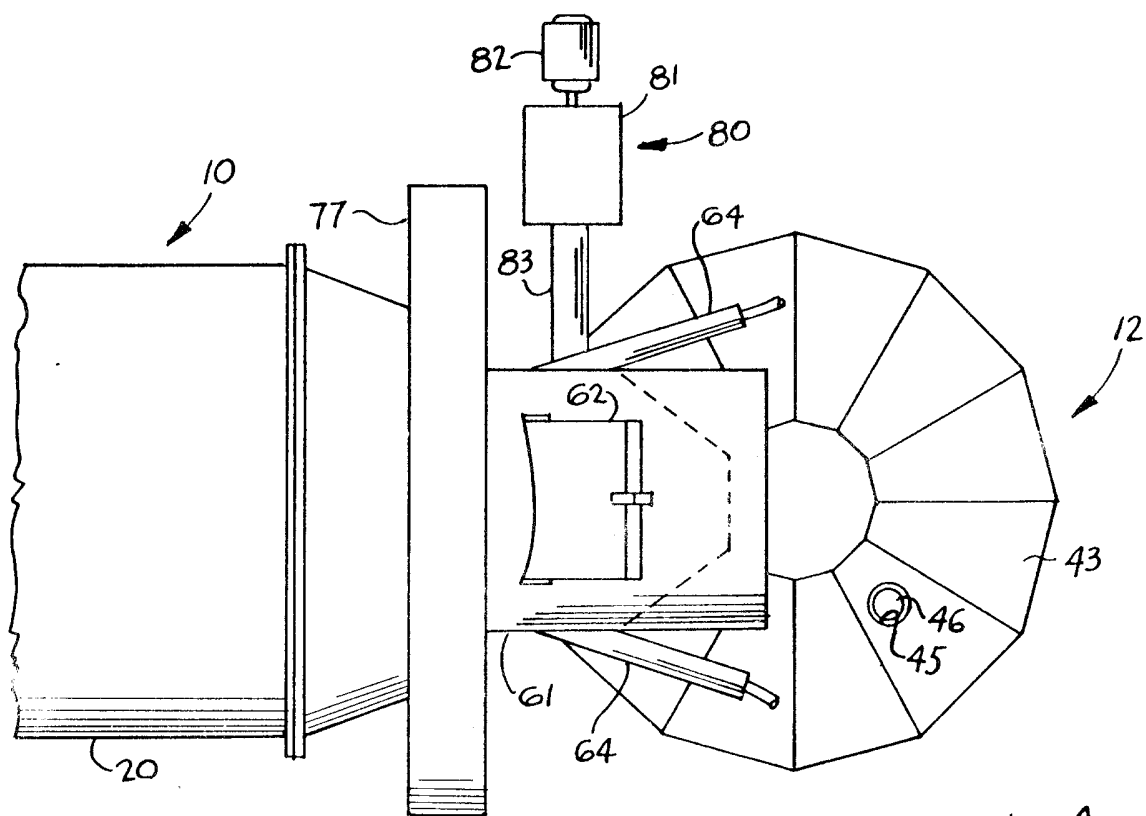
8. Způsob podle jednoho z bodů 1 až 7, vyznačený tím, že vsázka se zavádí do předehřívací nádoby v suchém sypkém stavu.

9. Způsob podle jednoho z bodů 1 až 8, vyznačený tím, že vsázka se vede předehřívací nádobou v rovině zešíkmené vzhledem k horizontále, a vsázka spočívající na stabilní vrstvě v tavicí nádobě leží alespoň z počátku ve strmé rovině.

10. Způsob podle bodu 9, vyznačený tím, že vsázka se převádí z předehřívací do tavicí nádoby při začátku tavení vsázky, avšak před začátkem vzájemného ulpívání částic vsázky.







ubr 4