

# PATENTOVÝ SPIS

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLového  
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2003-1931**  
 (22) Přihlášeno: **13.12.2001**  
 (30) Právo přednosti: **14.12.2000 DE 20001/0065882**  
**14.12.2000 DE 20001/0065883**  
**14.12.2000 DE 20001/0065884**  
 (40) Zveřejněno: **15.09.2004**  
**(Věstník č. 9/2004)**  
 (47) Uděleno: **26.01.2009**  
 (24) Oznámení o udělení ve Věstníku: **04.03.2009**  
**(Věstník č. 9/2009)**  
 (86) PCT číslo: **PCT/EP2001/014665**  
 (87) PCT číslo zveřejnění: **WO 2002/048057**

(11) Číslo dokumentu:

**300 181**

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:  
**C03B 5/24** (2006.01)

(56) Relevantní dokumenty

US 4409012.

Volf Miloš B., Tavení skla, Průmyslové vydavatelství, Praha 1952, str. 110 až 119.

(73) Majitel patentu

SOFTWARE & TECHNOLOGIE GLAS GMBH  
COTTBUS, Cottbus, DE

(72) Původce:

Hegewald Frank, Cottbus, DE  
Heelemann Helmut, Kiebusch, DE  
Hemmann Peter, Freiberg, DE

(74) Zástupce:

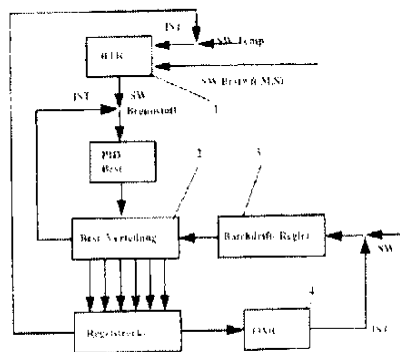
Ing. Jiří Chlustina, Jana Masaryka 43-47, Praha 2, 12000

(54) Název vynálezu:

**Způsob regulace kvalitu určujících parametrů  
surové taveniny ve sklářských tavicích vanách**

(57) Anotace:

Řešení se týká způsobu regulace kvalitu určujících parametrů surové taveniny ve sklářských tavicích vanách. Jako vstup skutečné hodnoty se reguluje opticky měřený podíl pokrytí hladiny skleněné lázně sklářským kmenem, a to pomocí regulačního obvodu pokrytí sklářským kmenem, jehož požadovanou hodnotou je stupeň pokrytí sklářským kmenem a jehož výstupem je celkový přívod energie. Prostřednictvím axiálního zpětného vytlačování v hroudách zaváděného sklářského kmene se reguluje intenzita hlavního recirkulačního proudění skla v blízkosti hladiny skla, přičemž regulace opticky měřeného gradientu stupně pokrytí sklářským kmenem ve směru podélné osy vany se pomocí regulátoru (3) provádí jako vstup skutečné hodnoty, kde regulátor (3) pohybu kmene je podřízen regulačnímu obvodu celkového množství paliva a jeho výstup představuje řídicí veličinu pro následující regulační obvod, který nepřímo řídí proudění skla ve spodní části pece.



**CZ 300181 B6**

## Způsob regulace kvalitu určujících parametrů surové taveniny ve sklářských tavicích vanách

### Oblast techniky

5

Vynález se týká způsobu regulace kvalitu určujících parametrů surové taveniny ve sklářských tavicích vanách, zejména k jednoduché a zároveň pevně strukturované regulaci stupně pokrytí surové taveniny sklářským kmenem, shromažďování sklářského kmene v axiálním a radiálním směru jako zprostředkovaného měřítka proudění skleněné taveniny a dobře regulovatelných parametrů hladiny skleněné taveniny, které mohou být opticky měřeny. Jsou pevné nebo manuálně  
10 zadány předem stanovené požadované hodnoty optických parametrů hladiny skleněné taveniny, jako je pokrytí sklářským kmenem, pohyb sklářského kmene a poloha horkého bodu v příčném směru, které reprezentují intenzitu proudění skleněné taveniny a prostorovou separaci skla a čerpicí složky ve spodní části pece, což je doplněno rychlým regulačním obvodem, kterým je  
15 regulační obvod délky plamene.

### Dosavadní stav techniky

Dosavadními způsoby regulace pecí se regulují od kvality vzdálené parametry v horní části pece  
20 nebo nejasné a u sklářských tavicích van s pomalou regulační odezvou navíc stěžují regulovatelné souvislosti.

Kontinuální tavení skla je technologicky náročný proces, který se až dosud vyznačuje dlouhými prodlevami a mnohoznačnými reakcemi regulačních drah. Přímá regulace stavových veličin,  
25 považovaných dosud za veličiny určující kvalitu skla, troskotají buď již na jejich měření, nebo na příliš dlouhých regulačních odezvách. Z regulace malé a tedy rychlejší modelové pece, použité k řešení tohoto problému, vyplývá, že tato cesta je zdnalivě beznadějná, protože toto lze označit pouze za řešení z nouze.

Motivací k využití regulace teploty klenby pece, která z hlediska regulace určuje stav pece, je rychlá regulační odezva této teploty. Z technologického hlediska je však tato regulace nevýhodná, protože je často tak řečeno slepá, protože tavít se nemá klenba, nýbrž její protějšek při výměně tepla, to jest sklo. Pro převážnou část rušivých vlivů a opatření při vytápění pece plamenem například platí, že vyšší hodnoty naměřené teploty klenby znamenají chladnější sklo,  
35 o které však vlastně jde a na které má být regulace zaměřena. Tento způsob regulace tedy v žádném případě nemůže být jediným nadřazeným regulačním obvodem v kaskádě nebo sérii v pokrokově nové nebo dokonce z hlediska automatizace uzavřené koncepci regulace, protože je v rozporu s takovou koncepcí.

Výrazné systémové nedostatky rychlé regulace teploty klenby odstraňuje staré řešení, známé z dokumentu P3610365.9 jako BTR-regulace (Brennstoff-Temperaturregler) – regulátor teploty palivem, které jako „Způsob aktuálně technologické regulace vytápění horní části pece sklářských tavicích van“ zahrnuje také regulaci podle řídicích veličin z nadřazeného tepelného počítačového modelu. Protože však provozovatele může v mnoha směrech mýlit a od skutečných  
45 souvislostí vnitřních procesů odvést již tak relativně přehledný regulační obvod jako je regulace teploty klenby, jak již bylo vyliceno, je zde nebezpečné regulovat jakékoliv jevy podle jakýchkoliv řídicích veličin, jak je toto podstatným znakem tak zvaných fuzzyregulací, například podle dokumentu EP 0 976 685 T1. Tato koncepce regulace je pro nevyhnutelně potřebnou, trvale prováděnou analytickou práci technologů v oboru tavení skla nevýhodná a může přinést pouze  
50 krátkodobé úspěchy v řešení úzkých a dobře známých technologických problémů.

Všem těmto koncepcím je ale společné to, že hlavním předmětem regulace ani jejím výslovným cílem není rozdělení reakčního prostoru na taveninu a čerpicí složku a také jakost určující

hydrodynamikou podmíněné míšení skla ve spodní části pece a zejména princip příčného proudění. Zmíněné koncepce se zaměřují na parametry v horní části pece a jsou tudíž již předem nevhodné, popřípadě nejsou určeny, pro přímou a relativně nezávislou regulaci parametrů ve spodní části pece, tedy místa vlastního vzniku skleněné taveniny.

5

Regulace, kterou se má zajistit kvalita skla však musí být s ohledem na ostatní mimořádně rozmanité a dynamické okrajové podmínky logicky jasně zaměřena na tyto kvalitu určující parametry a má být pokud možno srozumitelná a transformovatelná na přímo měřitelné parametry, které lze dobře regulovat. Uvedené znamená, že poměr doby vyrovnávání k časové prodávě by měl být u těchto parametrů regulační dráhy pokud možno velký.

10

Problém ale spočívá v tom, že regulovat se musí především pro kvalitu skla rozhodující parametry ve spodní části pece nebo skleněné lázně tam, kde sklo vzniká, aby se sklo ve vanových pecích mohlo efektivně vyrábět cíleně s vysokou stabilitou.

15

Úkolem vynálezu je proto nalezení způsobu, který umožní získávat nepřímé měřené hodnoty parametrů určujících kvalitu surové taveniny, vyhodnocovat je a regulovat tak, aby se proces výroby skla ve vanových pecích stabilizoval a zdokonalil jak z hlediska kvality, tak i nákladů.

20

#### Podstata vynálezu

Uvedený úkol řeší a nedostatky známých řešení tohoto druhu do značné míry odstraňuje způsob regulace kvalitu určujících parametrů surové taveniny ve sklářských tavicích vanách, podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že se jako vstup skutečné hodnoty reguluje opticky měřený podíl a rozložení pokrytí hladiny skleněné lázně sklářským kmenem s předem zadáním stupněm pokrytí sklářským kmenem jako požadovanou hodnotou a celkovým přívodem energie a/nebo rozložením energie jako výstupem.

25

Je výhodné, jestliže se prostřednictvím axiálního zpětného vytlačování v hroudách zaváděného sklářského kmene reguluje intenzita hlavního recirkulačního proudění skla v blízkosti hladiny skla, přičemž opticky měřený gradient stupně pokrytí sklářským kmenem ve směru podélné osy sklářské tavicí vany představuje skutečnou hodnotu pro regulátor pohybu kmene, která se srovnává s předem zadanou hodnotou numerického nárůstu pokrytí sklářským kmenem, která slouží jako požadovaná hodnota regulátoru pohybu kmene, přičemž regulátor pohybu kmene je podřízen regulačnímu obvodu celkového množství paliva a jeho výstup představuje řídicí veličinu pro následující regulační obvod, který cíleným přívodem tepla nepřímo řídí proudění skla ve spodní části pece.

30

35

Předmětem vynálezu je rovněž způsob regulace kvalitu určujících parametrů surové taveniny ve sklářských tavicích vanách, který je patrný na bočním zpětném vytlačování ve tvaru V po hroudách přiváděného sklářského kmene. Regulací intenzity příčného recirkulačního proudění skla v blízkosti hladiny, přičemž se reguluje poloha opticky změřeného těžiště stopy plamene ve směru jeho osy na hladině skla, která je vstupem skutečné hodnoty pro procesní regulátor plamene, jehož požadovanou hodnotou je střední poloha v příčném směru sklářské tavicí vany a jehož výstupem je řídicí veličina následujícího regulačního obvodu, kterou se nastavuje délka plamenů.

40

45

Předmětem vynálezu je dále způsob regulace kvalitu určujících parametrů surové taveniny ve sklářských tavicích vanách a řízení plamenů z hlediska šetření pece. Tento způsob se vyznačuje regulací skutečné hodnoty, která je opticky měřenou polohou těžiště teplotního pole plamene příslušného vstupu spalovacího vzduchu, přičemž regulačním obvodem je regulační obvod délky plamene se skutečnou hodnotou, která je představována polohou horkého bodu plamene ve směru osy plamene.

50

Je výhodné, jestliže následující regulační obvod regulací tvorby bublin v blízkosti zdroje ve shodném smyslu reguluje proudění skla ve spodní části pece.

5 Dále je výhodné, jestliže následující regulační obvod regulací tvorby bublin v blízkosti zdroje ve shodném smyslu reguluje přídavným elektrickým topením proudění skla ve spodní části pece.

10 Kromě toho je výhodné, jestliže u sklářských tavicích van s příčnými plameny následující regulační obvod regulací rozložení paliva zesiluje proudění skla ve spodní části pece tak, že do zdrojového vstupu a/nebo vstupu se zavádí poměrově zvýšené množství paliva.

15 Předmětem vynálezu je rovněž způsob regulace kvalitu určujících parametrů surové taveniny ve sklářských tavicích vanách a řízení plamenů z hlediska šetření pece. Tento způsob se vyznačuje tím, že výstupem regulačního obvodu délky plamene je regulační veličina, která v opačném smyslu reguluje délku plamene tlakem rozprašovacího plynu u olejových hořáků.

20 Je výhodné, jestliže výstupem regulačního obvodu délky plamene je regulační veličina, která nesymetrickým rozložením paliva na hořáky vstupu reguluje délku plamene, přičemž se zesílením nastavuje nerovnost delších plamenů.

25 Požadovaná hodnota regulačního obvodu délky plamene se s výhodou využívá jako řídicí veličina pro procesní regulátor plamene a jeho výstup je řídicí veličinou, kterou se nastavuje délka plamene.

Je také možné, že požadovaná hodnota regulačního obvodu délky plamene se využívá jako řídicí veličina pro procesní regulátor plamene a pro sledování mezní délky plamene se využívá obvod poruchové veličiny.

30 Předmětem vynálezu je rovněž způsob získávání měřených hodnot vyhodnocováním obrazu prostoru pece, při kterém se vyhodnocování obrazu provádí místně v rámci výřezu obrazu, který v perspektivě kamery zahrnuje viditelnou hladinu skleněné taveniny včetně na ní plovoucího sklářského kmene, avšak bez bočních stěn horní části pece.

35 Je výhodné, jestliže k zjišťování skutečné hodnoty vyhodnocováním obrazu prostoru pece se vyhodnocování obrazu v čase provádí v časové periodě vytápění a místně v rámci výřezu obrazu, který v perspektivě kamery zahrnuje viditelný horní prostor pece, a že přiřazení teplotního pole plamene k plameni se provádí na základě porovnání symetrie s osou plamene, předvolenou v obrazu.

40 Je výhodné, jestliže v rámci výřezu obrazu se vážením obrazových bodů koriguje perspektivní zkracování vzdáleností mezi řádky a sloupce obrazové matrice, přičemž toto vážení je proporcionální druhé mocnině vzdálenosti mezi příslušným reálným objektem a objektivem ve směru snímání obrazu.

Perspektivní zkracování vzdáleností v rámci výřezu obrazu se s výhodou koriguje výlučně mezi řádky obrazové matrice, přičemž každému řádku obrazových bodů ve výřezu obrazu se jedinečně přiřazuje úhel  $\alpha$  mezi podélnou osou vany v rovině skleněné taveniny a objektivem zařízení pro snímání obrazu a korekční faktor perspektivy je přitom  $1: \cos \alpha$ .

45 Ve výřezu obrazu, který zahrnuje v podstatě hladinu skleněné taveniny tavicí zóny sklářské tavicí vany, se pokrytí sklářským kmenem vyhodnocuje jako suma povrchů hrud sklářského kmene a pokrytím sklářským kmenem je poměr plochy sklářského kmene vztaženo ke konstantní ploše hladiny skleněné taveniny sklářské tavicí vany.

50 Ve stanoveném výřezu obrazu se stanovuje linearizovaný přírůstek pokrytí sklářským kmenem v oblasti hnanych hrud sklářského kmene, přičemž vyhodnocením obrazu se plocha volného pokrytí sklářským kmenem stanovuje jako pole řádků, které obsahuje obrazové body jak v hod-

- notami jasu jako kritériem odlišené světlé třídy, tak i v alternativní tmavé třídě, po řádcích se stanovuje poměr počtu tmavých obrazových bodů k počtu bodů v řádku a určuje se linearizovaný nárůst pokrytí sklářským kmenem a konstanta nárůstu pokrytí sklářským kmenem jako funkce počtu obrazových řádků, v podélné ose sklářské tavicí vany a proti směru proudění k odběru, je charakteristickou hodnotou impulsu recirkulačního proudění a vstupní veličinou regulátoru pohybu kmene.

Prahová hodnota obrazových bodů jako kritérium se s výhodou stanovuje ze střední hodnoty jasu prvního obrazového řádku v patě výřezu obrazu a střední hodnoty jasu posledního obrazového řádku.

- Osa směru pohledu je s výhodou orientována tak, že s výškou výřezu obrazu a podélnou osou sklářské tavicí vany leží přibližně ve společné rovině, která je kolmá k hladině skleněné taveniny, přičemž na kolmicích k ose směru pohledu se nacházející obrazové body jsou vyhodnocovanými obrazovými řádky a že číslování vyhodnocovaných obrazových řádků roste od základny výřezu obrazu.
- Dále je výhodné, jestliže prahová hodnota jasu jako kritérium se nahrazuje intenzitou barev, zejména červené a zelené, přičemž malé složky červené barvy indikují tavicí se a/nebo chladný sklářský kmen a malé složky zelené barvy přitom indikují studený sklářský kmen.

- Prahové hodnoty intenzity modré, zelené a červené barvy jako kritérium se s výhodou vytvářejí z jejich střední hodnoty středních hodnot prvního a posledního řádku.

Kromě toho je výhodné, jestliže pokrytí sklářským kmenem je realitě odpovídající plochou proto, že se vytváří poměr počtu tmavých obrazových bodů ve výřezu obrazu s jejich váhovou hodnotou k počtu všech obrazových bodů ve výřezu obrazu, včetně jejich váhové hodnoty.

- Sledování mezní délky plamene v přestávce vytápění v návaznosti na periodu odvádění spalín na předtím odtahové straně pece se provádí tak, že se provádí porovnání středních hodnot jasu dvou výřezů obrazu, přičemž první výřez obrazu zahrnuje hrany ústí vstupu, kterým se předtím odtahovaly spaliny, a druhý výřez obrazu je vnějším okolním polem uvedeného prvního výřezu obrazu s výjimkou samotného prvního výřezu obrazu, přičemž překročení mezní horní tolerance spustí chybový signál pro sledování mezní délky plamene.

Konečně je také výhodné, jestliže měření se v čase provádí v přestávce při změně stran vytápění.

- Překvapivě se zjistilo, že vysokou vypovídací hodnotu o zpětném proudění má celkové pokrytí sklářským kmenem a zejména rozložení sklářského kmene, to jest jeho místní gradient v axiálním směru sklářské tavicí vany, tak zvaný pohyb sklářského kmene. Protože dopředný pohyb hrud sklářského kmene závisí na mechanických impulsích od zavážecího zařízení, na hnacím účinku plamenů a na rozdělovacím tlaku na hladině, což jsou vlivy obecně stabilní nebo je lze udržovat stabilní, je pro konstantní tavicí výkon míra kompaktnosti nebo shromažďování hrud sklářského kmene měřítkem vratného účinku povrchového zpětného příčného proudění. Proudění taveniny směrem dolů se sacím účinkem, které se zvětšuje se sacím výkonem, má podpůrný účinek v tomtéž směru. Povrchové recirkulační proudění samotné určuje vtavování sklářského kmene konvekci a dominuje zároveň intenzitě míšení a rozdělování reakčního prostoru na surovou taveninu a oblast čerení a je jako diferenciální dílčí proudění mimořádně signifikantní. Lze je stěží vypočítat, lze je však na povrchu sledovat nebo měřit. Toto proudění umožňuje příčinný „hluboký náhled“ tam, kde vzniká sklo a je měřítkem dynamiky vtavování. Jeho intenzita je závislá na tavicím výkonu a indikuje dosažení optimálního stavu, jehož dodržování nebo odchylku lze způsobem měření podle vynálezu reprodukovatelně numericky určovat. Pro charakteristické shlukování sklářského kmene lze zjednodušeně použít Newtonův zákon proudění v jeho obecně platném tvaru pro třecí sílu  $F$  mezi deskou a kapalinou:  $F = -n \cdot A \cdot dv/dx$ .

Výraz  $dv/dx$  je zde gradient rychlosti kapaliny podle svislé vzdálenosti od desky. Veličina  $A$  je zde styčná plocha desky s rovnoběžně kolem ní proudící kapalinou (recirkulačního vratného proudění skla) a  $n$  je zde dynamická viskozita kapaliny. Jestliže se deska koberce sklářského kmene bude zjednodušeně předpokládat jako plně plovoucí, lze Newtonův zákon o tření použít ke stanovení vratné třecí síly, kterou na hroudu sklářského kmene působí recirkulační vratné proudění. Při znalosti dynamické viskozity skla ve vratném proudění lze jednoduchou úpravou zákona o tření vypočítat gradient rychlosti proudění. Pro volitelnou, s výhodou stále stejnou hloubku skleněné lázně pod sklářským kmenem lze z toho vypočítat relativní rychlost, která charakterizuje rychlost vratného proudění skla. Jestliže síly dopředného pohybu sklářského kmene ze zaváděcího impulsu a pohybu se svalu kontinuálně klesají a místně se dostávají do rovnováhy s třecími silami vratného proudění skla blízko u hladiny, je zde pro každou velikost hroudy sklářského kmene dána definovaná rovnovážná poloha ve směru dopředného pohybu sklářského kmene, v závislosti na zmenšující se velikosti těchto hroud. Dopředný pohyb sklářského kmene není pro menší staré hroudy daleko od zaváděcího zařízení po spádu, ani v „údolí“ před zdrojovým bodem nulový, protože dále existuje rostoucí relativní odtavená hmota hroud s převážně (v důsledku relativně silného povrchového odporu pevného tělesa v tomto směru) vratné orientovaným impulzem odtavování a relativně vyšším vníkaním taveniny do mezilehlých štěrbin. Při protisměrné síle recirkulačního proudění lze zároveň ze dvou důvodů předpokládat útlum, kterým je rovněž podporován dopředný pohyb malých starých hroud. Za prvé, rychlost vratného proudění v podélné ose je z důvodu bilance poměrně konstantní, jeho teplota však na zpětné cestě od počátku kontaktu se stále kompaktnější a kompaktnější pokrývkou sklářského kmene klesá, a to v důsledku vmíchávání chladnější taveniny a současného zastínění tepelného záření pokrývkou sklářského kmene nad taveninou. Stoupá přitom viskozita taveniny a podle Newtonova zákona o tření také vratná síla, protože rychlost zůstává konstantní. Za druhé, daleko zahnané hroudy sklářského kmene se na své cestě směrem ke zdrojovému bodu stávají stále tenčími a tenčími a přibližují se vzrůstající měrou k v úvodu přijatému zjednodušenému předpokladu na hladině spočívající desky. Zásluhou toho se ale také zmenšuje jejich čelní odpor, který výrazně závisí na tloušťce hroudy. Přinejmenším tyto dva vlivy podporují relativně dlouhou dráhu dopředného pohybu starých hroud před koncem jejich existence.

Pro způsob měření podle vynálezu je výhodná zejména zřejmá nepřítomnost silně působících mechanismů, které by působily proti nastavení rovnovážné polohy ostrůvků sklářského kmene v závislosti na jejich tvaru. Na tomto v podstatě spočívají vyhlídky na úspěšnost způsobu podle vynálezu, to jest stanovení relativní intenzity recirkulačního proudění z rozložení sklářského kmene. Přes v praxi velkou dynamiku obrazu se překvapivě zjistilo, že polohování dílčích ploch sklářského kmene lze jak obecně, tak i s přihlédnutím ke komplexnosti procesu popsat signifikantně lineární závislostí. Toto platí pro oblast, která navazuje na kompaktní koberec sklářského kmene bezprostředně za oblastí jeho zavážení. Zvláště překvapivé a příjemné však je, že nárůst této oblasti je skutečně překvapivě měřítkem intenzity vratného recirkulačního proudění. Je přitom nepodstatné, zejména s přihlédnutím ke složitosti a neostrosti popisu na modelu, jak lze tuto korelaci exaktně definovat. I při nejvyšší technologické úrovni je nevyhnutelně zapotřebí reprodukovatelné kontinuální měření způsobem, které je předmětem předloženého vynálezu.

V prvních aplikacích je pro stanovení relativní intenzity recirkulačního proudění z obrazu pokrytí skleněné taveniny sklářským kmenem vzata za základ a využita tangenciální funkce (nebo nárůst) pokrytí sklářským kmenem v podélné ose sklářské tavicí vany (s výhodou) proti hlavnímu směru proudění skleněné taveniny. Pro účely měření nebo jako skutečná hodnota pro regulace je přitom plně vyhovující pouze měřítko relativní rychlosti. Měření shlukování sklářského kmene nebo kompaktnosti hroud sklářského kmene, vyjádřené stoupáním přímky, vede při rovnoměrném provozu zaváděcího zařízení skutečně k vysokému souladu s intenzitou diagnosticky měřeného povrchového recirkulačního proudění.

Podstatnou součástí vynálezu je objasnění a logické propojení dynamicky příznivých regulačních parametrů za účelem zajištění kvality skla.

K rozlišení ploch pokrytých sklářským kmenem od volných ploch ve volně volitelném výřezu obrazu hladiny skleněné lázně je použita metoda vyhodnocení obrazu, kterou se na hladině skleněné lázně po řádcích rozlišují jasy v obrazových bodech. Na základě toho lze určit úbytek  
 5 pokrytí sklářským kmenem ve směru tavení, který je v přímé souvislosti s intenzitou recirkulačního proudění při hladině a indikuje zejména jeho stabilitu. Toto je potřebná měřená hodnota skutečné hodnoty pro vybudování regulačního obvodu, který bude relevantní ke kvalitě skla. Aby mohl být příslušný regulační obvod pro recirkulační proudění uzavřen, je však kromě toho  
 10 zapotřebí i vhodná akční veličina. Musí se přitom překonat staré zatvrzelé meze technologických možností, které se až dosud uplatňují u sklářských tavicích van s příčnými plameny, zejména co se týká rozdělování paliva.

Až dosud většinou empiricky volené a stále dosud zatvrzele konstantně udržované rozdělení paliva přitom dostává novou dynamickou funkci akční veličiny v regulačním obvodu. Regulační  
 15 obvod však přitom v hierarchii regulace pece nemusí stát na nejvyšším místě. Na druhé straně je však úspěšnost nové regulace přímo závislá na vhodném začlenění této regulace do struktury regulace pece. Nabízí se hierarchicky nadřazená regulace podle nároku 16 opticky zjištěného stupně pokrytí sklářským kmenem způsobem podle nároku 1, přičemž výstupem této regulace je akční veličina, která určuje přísun paliva nebo přísun celkového množství energie. Na nejvyšším  
 20 místě regulační hierarchie může být také regulace přísunu paliva na konstantní hodnotu nebo BTR-regulace, které jsou však méně výkonné.

Začlenění do fuzzy-regulace nebo koncepce regulace teploty horní části pece na vrcholu regulační kaskády je pro způsob podle vynálezu naproti tomu absurdní. Při BTR-regulaci je  
 25 výhodné, že jsou bezesporu zachovány dobré bezpečnostní parametry regulace teploty klenby, a to dokonce se zlepšenou dynamikou.

Podle vynálezu je proto pro sklářské tavicí vany podle nároku 2 navržena regulace gradientu pokrytí sklářským kmenem, která v kaskádě nebo jako následující regulátor vstupu pro celkové  
 30 množství paliva nebo přísunu energie z fosilních zdrojů, jako požadovanou hodnotu využívá gradient pokrytí sklářským kmenem z o sobě známého vyhodnocení obrazu z CCDkamery a na malé gradienty pokrytí sklářským kmenem, to jest na daleko dopředu hnaný sklářský kmen ve volných hroudách reaguje přemístěním přísunu energie směrem ke zdrojovému bodu, a který má regulační odezvu, která při těsně shluknutému sklářskému kmenu s gradientem pokrytí sklářským  
 35 kmenem, který je menší než předem zadaná požadovaná hodnota, upraví rozložení energie u sklářských tavicích van s příčnými plameny podle nároku 7 silněji k vstupu v oblasti zavádění energie nebo k vstupu u zdrojového bodu a takto podpoří recirkulační proudění. V případě U-van a van s příčnými plameny jsou zvýšení tvorby bublin podle nároku 5 a elektroboosting podle  
 40 nároku 6 v oblasti zdrojového bodu ve stejném smyslu působícími akčními veličinami regulačního obvodu pohybu kmene. Proudění skla je do značné míry tvořeno laminárními plíživými proudy, které stejně jako v případě vratného recirkulačního proudění mají pouze jeden směr a mají jen velmi malý účinek na míchání v příčném směru.

Je známo, že podstatnými předpoklady pro homogenizaci skla, tedy pro kvalitu skla, jsou kromě  
 45 teploty ve zdrojovém bodu pro čerení skla také dobré oddělení reakčních prostorů a dobré míšení vysokými strižnými silami ve skle.

Účinného míšení křížovým prouděním se dosáhne teprve kombinací axiálního recirkulačního proudění s radiálním recirkulačním prouděním, tedy zejména posílením dosud podceňované  
 50 složky příčného míšení. Ve sladěné kombinaci obou těchto proudění spočívá podstatně vyšší potenciál míšícího účinku ve spodní části pece, který zaručuje tavicí výkon a kvalitu skla. Podle vynálezu je k tomu navržena postupná regulace, jejíž řídicí regulátor má jako skutečnou hodnotu numerický signál z o sobě známého optického vyhodnocovacího systému obrazu, to jest „optical melting kontrol/optická regulace tavení“ (OMC), přičemž výpovědi měření je poloha těžiště

nejméně jednoho horkého bodu uvnitř teplotního pole v ose plamene na hladině skleněné taveniny v příčné ose sklářské tavicí vany, jehož požadovanou polohou je délka, která je polohou maxima teplotního pole s výhodou v polovině příčné osy sklářské tavicí vany. Výstupem této regulace je řídicí veličina pro délku plamene, která jako skutečná hodnota postupného regulátoru má jako vyjádření délky plamene pomocí optického vyhodnocovacího systému obrazu změřenou polohu těžiště tepelného zdroje, přičemž postupný regulátor má výstup, který představuje řídicí veličinu ke změně délky plamene nastavením vířivého tělesa nebo tlaku rozprašovacího plynu nebo nastavením rozložení zatížení vstupu. U sklářských tavicích van s příčnými plameny se přitom nejdříve pomocí optického vyhodnocovacího systému obrazu nastaví postupným regulátorem těžiště zavádění tepla do skleněné taveniny v teplotním poli ve směru osy plamene, s výhodou pro každou osu plamene. U regeneračně vytápěných sklářských tavicích van se toto děje s výhodou v každé přestávce mezi střídáním stran. Toto těžiště zavádění tepla se v procesním regulátoru porovnává s obsahově ve stejném smyslu působící požadovanou hodnotou, kterou je s výhodou polovina šířky sklářské tavicí vany. Při shodě požadované hodnoty se skutečnou hodnotou jsou nejlepší podmínky pro zesílení příčného proudění, protože lokální horký bod, zejména těžiště příslušného plamene, se nachází v blízkosti podélné osy sklářské tavicí vany v jejím středu.

Na způsobu podle vynálezu je podstatné, že rovněž podporuje příčné proudění skla způsobem podle nároku 3, čímž je zajištěno silné mísení křížovým prouděním. Přitom se v přestávkách mezi střídáním místně určí těžiště zavádění tepla a přizpůsobí se požadované hodnotě, která se nachází v podélné ose sklářské tavicí vany.

Tato požadovaná hodnota procesního regulátoru má takto pevnou optimální hodnotu, kterou je ve všech případech třeba z bezpečnostních důvodů modifikovat podle rušivých veličin. S výhodou PID (proporcionálně-integrační-derivační) -výstup procesního regulátoru je v přeneseném smyslu řídicí veličinou pro délku plamene následujícího regulátoru. Je prováděnou korekturou polohy tepelného těžiště plamene, která je jako skutečná hodnota pomocí optického vyhodnocovacího systému obrazu zaváděna do následujícího regulátoru. Toto vede k tomu, že při příliš velké blízkosti lokálního horkého bodu skleněné taveniny ke kořenu plamene se řídicí veličina pro délku plamene procesním regulátorem, i když mimořádně pomalu, zvýší. Rychlý postupný regulátor porovnává poměrně rychlou skutečnou hodnotu délky plamene se řídicí veličinou z procesního regulátoru s výhodou opět jako PID-regulátor a má řídicí výstup, kterým se nastavuje délka plamene nebo přesněji těžiště horkého bodu teplotního pole plamene. Stavěcími členy jsou přitom u olejem vytápěných sklářských tavicích van redukční ventil tlaku rozprašovacího plynu a při vytápění palivem obecně rozdělovací ventily pro rozdělování paliva na vstupu. Na řízení přitom zvláště citlivě reagují plameny, které byly předem nastaveny jako konvergující. V případě plynových hořáků jsou řídicími veličinami pro následující regulátor s výhodou vířivá tělesa, která zvyšují intenzitu turbulencí, nebo poloha vzduchového stavěcího ventilu o sobě známého přívodu hnacího vzduchu, který se s výhodou nachází uprostřed hořáku. Délku plamene ovšem nelze uvnitř pece nastavit neomezeně velkou. Podstatné jsou bezpečnostnětechnické požadavky, které nedovolují příliš dlouhý plamen. Přehřátím nesmí být ohrožen zejména vstup na straně odvodu spalin. Zaprvé se tedy pomocí optického měřicího systému tavení známým srovnáním s okolím stanoví a změří mezní hodnota přehřátí jako gradient teploty, nově ale na hranách ústí hořáků. Za druhé může být případně podle subjektivních požadavků provozovatele stanovena a pomocí optického měřicího systému tavení průběžně jako mezní hodnota měřena maximální délka plamene jako místo viditelného konce plamene, která se označuje jako délka vyhoření plamene. Obě porovnání jsou alternativními poruchovými veličinami pro procesní regulátor, které se při překročení mezní hodnoty odečítají od jeho požadované hodnoty, takže požadovaná poloha horkého bodu na skle se ze střední polohy posune směrem ke straně, ze které hoří plameny. S posunutím za střední polohu se nepočítá.

Jiné řešení tohoto problému spočívá v tom, že k hořákům se vede porovnání světelné výtěžnosti z integračního produktu jasu a vyplnění plochy s výhodou tří s bočními stěnami paralelních a

symetrických pruhů obrazu, a to v časovém prostoru srovnávaných požadovaných hodnot přísunu paliva. Stanoví se přitom mezní hodnota podílu pruhu obrazu u odtahu spalín na sumě všech tří pruhů obrazu. Začlenění překročení mezní hodnoty do regulace se pak provede již výše popsaným způsobem.

- 5 Pouze v doporučené poloze požadované hodnoty je možná kontinuální poloha příčného zdrojového proudění nezávisle na stranách a reguluje se, přičemž délka plamene se nastavuje a podle tepelného těžiště jejího obrazu podle nároku 4 aktuálně a v periodě vytápění reguluje tak, že horké body v ose plamene leží blízko ideální polohy na podélné ose sklářské tavicí vany, přičemž
- 10 regulátor délky plamene podle nároku 10 je řízen regulačním obvodem podle nároku 3. Délka plamene se podle nároku 8 u olejových hořáků nastaví dalším snížením tlaku rozprašovacího plynu. Vhodným prostředkem k prodloužení plamenů je podle vynálezu nesymetrické rozdělení paliva na hořáky v rámci jednoho vstupu podle nároku 9, zejména když se osy plamenů navzájem kříží nebo sbíhají. Aby se předešlo nebezpečí příliš dlouhých plamenů, je podle nároku 11 k řídicí veličině délky plamenů připojována poruchová veličina, která je podle nároku 23 optickou
- 15 měřenou veličinou, která v přestávkách mezi střídáním sleduje lokální přehřátí na konci plamene, zejména na hranách vstupu na straně odtahu spalín. Optické měření je ale zejména podle nároku 12 zaměřeno na hladinu skleněné taveniny. Hranice vyhodnocovaného výřezu obrazu se manuálně s výhodou nastaví tak, že je kompletně zahrnuta celá hladina skleněné taveniny, snímaná kamerou v prostoru pece. Skvrny od bublin nebo nečistoty na pozorovacím otvoru kamery, které
- 20 zasahují do obrazu, se však z vyhodnocování jako výřezy vyřazují. Pro rozeznání horkých bodů na hladině skleněné taveniny a aktuální regulaci délky plamenů je podle nároku 13 každému portu přiřazena jedna osa plamene, která se ve vyhodnocovaném obraze s výhodou viditelně nezobrazuje.

- Pokrytí sklářským kmenem a pohyb kmene podle nároků 1 a 2 nemají mít pokud možno žádné
- 25 lichoběžníkové zkreslení a mají být podle nároku 21 realitě blízkými číselnými hodnotami. Každý obrazový bod se proto podle nároku 14 váženě kvadraticky koriguje podle své vzdálenosti od snímaného obrazu. Podle nároku 15 je připuštěno postranní zkreslení, které má za následek menší hodnotu stranou se nacházejícího sklářského kmene. Toto je podle nároku 2 výhodou v případě obrazu z V-pece a je to kromě toho algoritmicky mimořádně jednoduché.

- 30 Podle nároku 17 je shlukování sklářského kmene jako nárůst pokrytí sklářským kmenem proti směru proudění skla k odběru znázorněno s výhodou také graficky, přičemž ale numericky stanovený linealizovaný nárůst je vstupní skutečnou hodnotou způsobu regulace podle nároku 2. Kritérium rozlišení jak tónů šedi podle nároku 14, tak i při porovnávání intenzity barev podle
- 35 nároku 20, co se týká sklářského kmene nebo skla, se modifikuje porovnáváním s dvěma vždy existujícím normativy obzvláště prvních a obzvláště chladných řádků dynamicky se měnící situace v peci, což je pro jasy popsáno v nároku 18 a pro barvy v nároku 22. Pro vyhodnocení obrazu je výhodné orientovat směr pohledu podle nároku 19 do podélné osy sklářské tavicí vany a obrazové řádky pak orientovat v příčném směru sklářské tavicí vany. Protože recirkulační proudění, regulované podle nároku 2 a měřené podle nároku 17, směřuje proti proudění vyplývajíc
- 40 címu z odběru skleněné taveniny, jsou řádky číslovány v tomto směru.

- Komerční výhody způsobu podle vynálezu oproti známému stavu techniky spoívají ve vyšší
- 45 spolehlivosti kvality skleněné taveniny pro hromadně vyráběné skleněné předměty, ve vyšším dosažitelném měrném tavicím výkonu při srovnatelné kvalitě, ve snížení spotřeby energie a popřípadě také v prodloužení životnosti sklářské tavicí pece. V řadě aplikací lze kromě toho předpokládat snížení emisí oxidů dusíku Nox.

#### Přehled obrázků na výkresech

- 50 Podstata vynálezu je dále objasněna na příkladech jeho provedení, které jsou popsány na základě připojených výkresů, které znázorňují:

- na obr. 1 schematické vyobrazení regulačního obvodu podle vynálezu pro regulaci intenzity hlavního recirkulačního proudění skla v blízkosti hladiny;
- na obr. 2 výsledek měření optického měřicího systému tavení, který tvoří vstup regulátoru pohybu kmene podle vynálezu;
- 5 - na obr. 3 křivka optického měření tavení podle obr. 2;
- na obr. 4 vyobrazení regulace v regulační dráze jako změny velikosti plamene u sklářské tavicí vany s příčným plamenem;
- na obr. 5 vyobrazení tepelného zatížení čerčící zóny ve výchozí situaci a po regulaci; a
- na obr. 6 schematické vyobrazení regulačního obvodu podle vynálezu pro regulaci intenzity
- 10 příčného recirkulačního proudění skla v blízkosti hladiny.

#### Příklady provedení vynálezu

- 15 Na základě prvního příkladu provedení bude nejdříve blíže vysvětleno provádění způsobu podle nároku 2. Sklářská tavicí vana s plovoucím sklářským kmenem je provozována převážně v pali-  
vovém automatickém provozu podle technologického režimu, při kterém se zadávání požadované  
hodnoty celkového přísunu paliva určuje v závislosti na tavicím výkonu a podílu střepů. Provádí  
se to pomocí regulátoru, který se stal známým jako BTR-regulátor 1 a který má výhodu souběž-  
20 něho sledování teploty klenby. Z principu velmi jednoduchý způsob regulace pokrytí sklářským  
kmenem podle nároku 1 na vrcholu regulační hierarchie je u této sklářské tavicí pece ještě  
v dočasném pokusném zkoušení s otevřenou regulační smyčkou. Za BTR-regulátorem 1, který je  
v příkladu provedení použit, je zařazen běžný PID-regulátor celkového množství paliva. Všechny  
vstupy jsou vybaveny lambda-regulací. Každý vstup má samostatné zadávání požadované hodno-  
25 ty vzduchového poměru lambda. Tím je dostatečně zajištěno, aby změny tepelného zatížení  
v jednotlivých vstupech dobře korelovaly s přísunem paliva do těchto vstupů a nebyly dokonce  
protisměrné. Rozdělení paliva na jednotlivé vstupy jako podílu celkového přísunu paliva je zadá-  
no ve stavěcích členech požadované hodnoty rozdělovacího zařízení 2 paliva, které jsou ručně  
nastavovány pomocí řídicího systému procesu. Hladina taveniny je sledována běžnou kamerou  
30 pro vnitřní prostor pece a gradient tavení sklářského kmene je v podélné ose sklářské tavicí vany  
měřen způsobem podle nároku 17, přičemž měřicí zařízení je provedeno jako optický měřicí  
systém 4 tavení (OMC). Nárůst pokrytí sklářským kmenem v tavicí zóně v rozsahu téměř od 0 do  
100 % pokrytí sklářským kmenem je optickým měřicím systémem 4 tavení měřen řádkově  
v příčné ose a ve směru povrchového recirkulačního proudění určován pomocí jednoduché  
35 lineární aproximace. Její nárůst představuje skutečnou hodnotu pro regulační obvod 3 pohybu  
kmene podle vynálezu. Provozovatel na základě dlouhodobého srovnávacího sledování jakosti a  
výstupu optického měřicího systému 4 tavení ve formě numerického nárůstu shlukování  
sklářského kmene stanovil pro tavicí výkon vhodnou hodnotu nárůstu. Tento představuje zada-  
nou požadovanou hodnotu pro regulátor 3 pohybu kmene.
- 40 Na obr. 2 je znázorněn výsledek optického měření tavení, jehož systém tvoří vstup regulátoru 3  
pohybu kmene podle vynálezu. Na vodorovné ose 13 je vynesena délka sklářské tavicí vany ve  
směru proudění taveniny. Na svislé ose 14 je vyneseno pokrytí sklářským kmenem. Ačkoliv se  
tímto systémem měří jednotlivě každý obrazový řádek, vytváří se za účelem vyhlazení rozptylu  
45 obrazových řádků vždy střední hodnota pokrytí sklářským kmenem více obrazových řádků a  
zobrazuje jako sloupec, který představuje procentuální pokrytí sklářským kmenem 15 skupiny  
obrazových řádků. Pomocí jednoduché lineární regrese se stanoví hlavní větev nárůstu pokrytí  
sklářským kmenem, který určuje aproximační přímkou 17 pokrytí sklářským kmenem v tavicí  
zóně. Délka jeho vodorovné odvěsny představuje aktuální poměrnou délku 16 tavicí zóny. Pro  
50 regulaci se jako vstupní signál použije numerická hodnota nárůstu, který je dán poměrem vodo-  
rovné a svislé odvěsny. V příkladu činí hodnota svislé odvěsny 0,92, protože nárůst byl vypočten

pro oblast 5 až 97 % pokrytí sklářským kmenem. To znamená, že hodnota 1 byla snížena o 0,05 a 0,3. Hodnota vodorovné odvěsny je 0,33. Skutečná hodnota pro regulační obvod tedy činí 2,79. Úhel 18 nárůstu aproximovaného shlukování sklářského kmene je tangentou tohoto poměru a má patrnou hodnotu. Také proto se ale s výhodou pro vodorovnou odvěsnu použije její hodnota. Věcně je to odůvodněno tím, že povrchové recirkulační proudění, jehož vliv se zde určuje, má směr opačný k vodorovné ose 13, avšak z důvodu přehlednosti je délka sklářské tavicí vany jako obvyklá znázorněna ve směru proudění.

Na obr. 3 je znázorněna příslušná křivka optického měření tavení. Hlavní aproximační přímka 19 křivky vykazuje dobrou korelaci s jednotlivými hodnotami až do 2 % pokrytí sklářským kmenem. Kvalitu zajišťující úhel 20 nárůstu shlukování sklářského kmene je plošší než skutečná hodnota. Pro proces regulace je podstatná digitální hodnota nárůstu. Tento má ve stavu, který pro stejnou tonáž představuje skutečnou hodnotu regulátoru 3 pohybu kmene, hodnotu 2,35. Regulační odchylka činí -0,44 a příklad takto ukazuje, že regulační odchylka se výrazně rozevírá, s výhodou směrem k velkým hodnotám.

Rozdělení paliva se v příkladu mění výlučně mezi vstupy č. 2 a č. 3, alternativně vůči vstupu č. 5, který je vstupem u zdrojového bodu. Regulační odchylka se v regulátoru 3 pohybu kmene vyhodnocuje v režimu PID a zavádí se jako regulační veličina do rozdělovacího zařízení 2 paliva. Tento se zmenší podíl paliva pro „vstup u zdrojového bodu“, to jest vstup č. 5, a současně ve stejné míře zvýší sumu podílů pro vstupy č. 2 a č. 3, které podělí stejným dílem. Regulačním výstupem regulátoru 3 pohybu kmene je tedy signál na vstupu rozdělovacího zařízení 2 paliva a přibližováním k požadované hodnotě se provádí korektura ručního zadání. V příkladu je přípustný rozsah korektury požadované hodnoty omezen na 3 % celkového přísunu paliva. Hodnoty regulační veličiny na výstupu regulátoru 3 pohybu kmene, které tento rozsah překračují, jsou indikovány, nejsou však realizovány. Jsou podkladem pro plán ručních zásahů a jsou za tím účelem barevně zdůrazněny na monitoru obsluhy. Celkový přísun paliva se jako požadovaná hodnota paliva objevuje na výstupu nadřazeného, o sobě známého regulátoru 1 teploty palivem a na vstupu o sobě známého regulátoru paliva. Regulátor 1 teploty palivem obvykle po poměrně dlouhé doby udává stejnou požadovanou hodnotu paliva, čímž se předejde systematickému nebo spřaženému překrývání regulačních zákroků změnami množství paliva. Za regulátorem paliva je v příkladu provedení zařazeno rozdělovací zařízení 2 paliva. Alternativně se doporučuje, aby se jako vstup rozdělovacího zařízení 2 paliva využil řízený vstup požadované hodnoty do regulátoru paliva.

Na obr. 1 nejsou znázorněny jednotlivé regulátory paliva, které jsou ve skutečném zařízení zařazeny za rozdělovacím zařízením 2 paliva. Nastavení dynamických parametrů regulátoru spadá do rámce odborné obsluhy. V příkladu byl regulátor s ohledem na jen vždy po 20 minutách probíhající optická měření tavení provozován zpočátku jako P-regulátor, potom byla aktivně využita jeho I-složka a následně opatrně zvyšována diferenciální složka D. Zkrácení dob prodlevy pod 2 hodiny je neúčelné. Neúčelné je rovněž opakování integračního chování (I-složka) v intervalu kratším než 1 hodina.

Na obr. 4 a 5 je do očí bijícím způsobem znázorněna závislost velikosti plamene na regulačních zásazích v regulačním obvodu. Velikost plamene je přitom názorně znázorněna na dotyčném vstupu nebo hořáku. Na obr. 4 jsou znázorněny regulační zásahy na sklářské tavicí vaně s příčným plamenem jako reakce regulátoru 3 pohybu kmene na regulační odchylku podle výše uvedeného příkladu při příliš shluknutém sklářském kmenu v tavicí zóně. Velikost pátého plamene symbolizuje plnými konturami relativní tepelné zatížení na zdrojový bod ve výchozí situaci (5). Toto tepelné zatížení se ručním přestavením regulátoru 3 pohybu kmene zmírní, aby se zdrojový bod oslabil. Přerušovaný obrys plamene symbolicky znázorňuje relativní tepelné zatížení na zdrojový bod po zregulování. Tepelné zatížení na vstupu č. 2 a č. 3 ve výchozí situaci (6) je symbolizováno plochou druhého a třetího plamene. Podmínkou regulace rozdělovacího zařízení 2 paliva je, aby se suma paliva ze vstupů č. 2 + č. 3 + č. 5 udržovala konstantní. Uvedené má za

následek, že tepelné zatížení na vstupu č. 2, jakož i na vstupu č. 3, je po zregulování menší než ve výchozí situaci.

V případě sklářské tavicí vany s U-plameny je myšlenka regulace veškerých vstupů pro palivo přenesena na jednotlivé hořáky. Na obr. 5 je znázorněno tepelné zatížení čerčicí zóny ve výchozí situaci (9) a tepelné zatížení této čerčicí zóny po zregulování (11), a to symbolicky jako zmenšené velikosti plamenů.

Při provádění způsobů podle nároku 3 a 4 měří systém pro optickou kontrolu skleněné taveniny, to jest optický měřicí systém 4 tavení na skleněné lázni intenzity modré, zelené a červené barvy. Teplotní pole jsou jak známo vymezena izotermami. Přitom jsou přehodnoceny rušivé chladné oblasti (ostrůvky sklářského kmene). Uvnitř izoterm se na hladině skleněné taveniny podle nároku 3 a 12 stanoví a určí aktivní oblast. U regeneračních sklářských tavicích van se to s výhodou provede v průběhu přestávky ve vytápění. Určí se geometrický střed aktivní oblasti a přiřadí se k obrazovému bodu. Obrazové řádky jsou předvolbou osy plamene podle nároku 13 přiřazeny k jednomu hořákovému vstupu. Poloha geometrického středu teplotního pole na skleněné tavenině v ose plamene je vyhodnocena jako skutečná hodnota pro procesní regulátor 25 na obr. 6 a představuje ve směru osy plamene polohu 24 těžiště teplotního pole aktivní oblasti na skleněné lázni, jedná se konkrétně o skutečnou polohu vyjádřenou délkovým podílem na příčné ose. Ve fixní ptači perspektivě kamery uvnitř pece ve střední ose vany tvoří střední body symetrického obrazového výřezu na skleněné lázni střední osu. Tam se má nacházet aktuální těžiště minima každého z plamenů. Toto je podle nároku 3 požadovaná poloha 25 těžiště minima teplotního pole ve směru osy plamene, s výhodou pevně nastavená požadovaná hodnota pro procesní regulátor 25, která činí polovinu šířky sklářské tavicí vany. V příkladu provedení je přítomna regulační odchylka. Skutečná hodnota, představovaná polohou 24 těžiště teplotního pole aktivní oblasti ve směru osy plamene na skleněné lázni, se při pohledu od bývalého, právě vypnutého kořene plamene nachází v příkladu provedení před požadovanou hodnotou. To znamená, že plamen zřejmě ztratil svoji teplotu příliš brzo na to, aby, jak by bylo žádoucí, se ve střední ose sklářské tavicí vany uvnitř teplotního pole ve směru osy plamene vytvořilo těžiště tepelného zatížení a vytvořilo stoupavé příčné proudění v centrální oblasti. Plamen je pro tento účel nastaven poněkud příliš krátký. Regulátor tepelného minima nebo procesní regulátor 25 změní řídicí veličinu velikost 26 plamene pro postupný regulátor 27, například rychlý regulátor délky plamene, směrem k větší délce plamene. Tato řídicí veličina se stane aktivní opětovným rozhořením plamene na této straně a postupný regulátor 27 nyní reguluje „delší“ plamen. Tato délka plamene je rovněž zcela podobně, avšak v periodě hoření plamene a dlouhodobě průběžně měřena optickým měřicím systémem 4 tavení. Vytvoří se těžiště plamene uvnitř izoterm a určí se jeho relativní délka ve vztahu k šířce sklářské tavicí vany, která je zjednodušeně označena jako skutečná hodnota 30 délky plamene. Plamen se přiřadí k určitému vstupu a regulační obvod je uzavřen tím, že příliš krátký plamen je prodloužen regulačním chováním postupného regulátoru 27, ke kterému je připojen stavčí člen 28 délky plamene. V příkladu provedení se podle nároku 8 na tomto vstupu sníží tlak rozprašovacího plynu v olejovém hořáku. Stav v regulačním obvodu 29 se projeví rozložením teploty na hladině skleněné taveniny a na stěnách. Toto jsou v regulačním obvodu vstupní veličiny pro zpracování obrazu optickým měřicím systémem 4 tavení. Postupný regulátor 27 pracuje v průběhu periody vytápění na základě pro první polovinu periody vytápění změněné řídicí veličiny autonomně dále a reguluje samočinně v této časové periodě podle změn v regulačním obvodu všechny změny délky plamene. Je třeba jen připomenout poruchy způsobované změnami v přívodu vzduchu ke vstupům a kolísáním tlaku v prostoru pece, aby se osvětlila potřeba aktualizace činnosti postupného regulátoru 27. V následujícím cyklu se například zjistí zákryt nejsvětlejšího místa na hladině skleněné taveniny se střední osou sklářské tavicí vany. V tomto případě nevyvolá procesní regulátor 25 žádnou změnu řídicí veličiny pro postupný regulátor 27 a tento pracuje v následujícím cyklu se starou řídicí veličinou pro velikost plamene. Regulační obvod délky plamene může být také od procesního regulátoru 25 odpojen a provozován pak tak, aby se stabilizovala například subjektivně požadovaná délka plamene. Řídicí veličina, kterou v kompletní konfiguraci vytváří procesní regulátor 25, se pak přibližuje k

požadované hodnotě regulátoru 27 plamene. V příkladu je popsána regulace délky jen jednoho plamene podle nároku 4 pro regulování příslušného horkého bodu do středu sklářské tavicí vany podle nároku 3 způsobem podle nároku 10. Zejména v případě sklářských tavicích van s příčnými plameny se použije více takových regulačních obvodů, které ale zpravidla používají pouze jeden optický měřicí systém 4 tavení.

Úspěch způsobu je výrazně orientován na formu zavádění sklářského kmene ve tvaru písmene V a může být jako takový přítomným optickým měřicím systémem 4 tavení numericky relativně stanoven nezávisle na vynálezu. Podle nároku 2 má být stahovaný, protilehle uspořádaný vstup s regulovanou délkou plamene u sklářské tavicí vany s příčnými plameny chráněn proti výraznějšímu přehřátí chráněn sledováním mezní délky plamene podle nároku 11. Je třeba zabránit přehřátí ústí 22 hořáku. Podle nároku 23 se pomocí optického měřicího systému 4 tavení provádí vyhodnocování celkového obrazu v pauze vytápění po příkazu „oheň vypnout“ pro manuálně zvolený výřez obrazu na horní části boční stěny pece, který se nachází v blízkosti vstupu, který samotný je však vyloučen. Jako výsledek se stanoví plošné rozložení intenzit modré, zelené a žluté barvy. Téměř současně se totéž provede i se zahrnutím hran ústí 22 hořáku. Jako kriticky vyhodnocený relativní posuv modré barvy při zahrnutí hrany ústí 22 hořáku, který je nastaven ručně, vyvolá prostřednictvím optického měřicího systému 4 tavení proporcionální signál poměrného posuvu modré barvy, který se odečítá od ručně nastavené hodnoty procesního regulátoru 25, to jest požadované polohy těžiště minima 21 teploty ve směru osy plamene. Výsledkem je z hlediska bezpečnosti korigovaná požadovaná hodnota regulátoru 23 minima teploty. Tato požadovaná hodnota je vůči ideální střední poloze posunuta zpět ve prospěch ochrany stahovaného vstupu proti nadměrné teplotě.

V případě sklářských tavicích van typu U lze rozdělení paliva do hořících vstupů a podpůrné rozdělení vzduchu na vstupech snadno odvodit z popisu pro sklářské tavicí vany s příčnými plameny a jedná se o jen mírně odlišné regulační veličiny.

## PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob regulace kvalitu určujících parametrů surové taveniny ve sklářských tavicích vanách, **vyznačující se tím**, že se jako vstup skutečné hodnoty reguluje opticky měřený podíl a rozložení pokrytí hladiny skleněné lázně sklářským kmenem s předem zadaným stupněm pokrytí sklářským kmenem jako požadovanou hodnotou a celkovým přívodem energie a/nebo rozložením energie jako výstupem.

2. Způsob regulace kvalitu určujících parametrů surové taveniny ve sklářských tavicích vanách podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že se prostřednictvím axiálního zpětného vytlačování v hroudách zaváděného sklářského kmene reguluje intenzita hlavního recirkulačního proudění skla v blízkosti hladiny skla, přičemž opticky měřený gradient stupně pokrytí sklářským kmenem ve směru podélné osy sklářské tavicí vany představuje skutečnou hodnotu pro regulátor pohybu kmene, která se srovnává s předem zadanou hodnotou numerického nárůstu pokrytí sklářským kmenem, která slouží jako požadovaná hodnota regulátoru pohybu kmene, přičemž regulátor pohybu kmene je podřízen regulačnímu obvodu celkového množství paliva a jeho výstup představuje řídicí veličinu pro následující regulační obvod, který cíleným přívodem tepla nepřímo řídí proudění skla ve spodní části pece.

3. Způsob regulace kvalitu určujících parametrů surové taveniny ve sklářských tavicích vanách podle nároku 1, který je patrný na bočním zpětném vytlačování ve tvaru V po hroudách přivádě-

ného sklářského kmene, **vyznačující se** regulací intenzity příčného recirkulačního proudění skla v blízkosti hladiny, přičemž se reguluje poloha opticky změřeného těžiště stopy plamene ve směru jeho osy na hladině skla, která je vstupem skutečné hodnoty pro procesní regulátor plamene, jehož požadovanou hodnotou je střední poloha v příčném směru sklářské tavicí vany a jehož výstupem je řídicí veličina následujícího regulačního obvodu, kterou se nastavuje délka plamenů.

4. Způsob regulace kvalitu určujících parametrů surové taveniny ve sklářských tavicích vanách podle nároku 3, **vyznačující se** regulací skutečné hodnoty, která je opticky měřenou polohou těžiště teplotního pole plamene příslušného vstupu spalovacího vzduchu, přičemž regulačním obvodem je regulační obvod délky plamene se skutečnou hodnotou, která je představována polohou horkého bodu plamene ve směru osy plamene.

5. Způsob regulace kvalitu určujících parametrů surové taveniny ve sklářských tavicích vanách podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že následující regulační obvod regulací vytváření bublin v blízkosti zdroje ve shodném smyslu reguluje proudění skla ve spodní části pece.

6. Způsob regulace kvalitu určujících parametrů surové taveniny ve sklářských tavicích vanách podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že následující regulační obvod regulací vytváření bublin v blízkosti zdroje ve shodném smyslu reguluje přídavným elektrickým topením proudění skla ve spodní části pece.

7. Způsob regulace kvalitu určujících parametrů surové taveniny ve sklářských tavicích vanách podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že u sklářských tavicích van s příčnými plameny následující regulační obvod regulací rozložení paliva zesiluje proudění skla ve spodní části pece tak, že do zdrojového vstupu a/nebo vstupu se zavádí poměrově zvýšené množství paliva.

8. Způsob regulace kvalitu určujících parametrů surové taveniny ve sklářských tavicích vanách podle nároku 4, **vyznačující se tím**, že výstupem regulačního obvodu délky plamene je regulační veličina, která v opačném smyslu reguluje délku plamene tlakem rozprašovacího plynu u olejových hořáků.

9. Způsob regulace kvalitu určujících parametrů surové taveniny ve sklářských tavicích vanách podle nároku 4, **vyznačující se tím**, že výstupem regulačního obvodu délky plamene je regulační veličina, která nesymetrickým rozložením paliva na hořáky vstupu reguluje délku plamene, přičemž se zesílením nastavuje nerovnost delších plamenů.

10. Způsob regulace kvalitu určujících parametrů surové taveniny ve sklářských tavicích vanách podle nároků 3 a 4, **vyznačující se tím**, že požadovaná hodnota regulačního obvodu délky plamene se využívá jako řídicí veličina pro procesní regulátor plamene a že jeho výstup je řídicí veličinou, kterou se nastavuje délka plamene.

11. Způsob regulace kvalitu určujících parametrů surové taveniny ve sklářských tavicích vanách podle nároku 10, **vyznačující se tím**, že požadovaná hodnota regulačního obvodu délky plamene se využívá jako řídicí veličina pro procesní regulátor plamene a pro sledování mezní délky plamene se využívá obvod poruchové veličiny.

12. Způsob regulace kvalitu určujících parametrů surové taveniny ve sklářských tavicích vanách podle některého nebo více z nároků 1 až 4, **vyznačující se tím**, že zjišťování skutečné hodnoty se provádí vyhodnocováním obrazu prostoru pece, přičemž vyhodnocování obrazu se provádí místně v rámci výřezu obrazu, který v perspektivě kamery zahrnuje viditelnou hladinu skleněné taveniny včetně na ní plovoucího sklářského kmene, avšak bez bočních stěn horní části pece.

13. Způsob regulace kvalitu určujících parametrů surové taveniny ve sklářských tavicích vanách podle nároků 3 a 4, **vyznačující se tím**, že k zjišťování skutečné hodnoty vyhodnocováním obrazu prostoru pece se vyhodnocování obrazu v čase provádí v časové periodě vytápění a místně v rámci výřezu obrazu, který v perspektivě kamery zahrnuje viditelný horní prostor pece, a že přiřazení teplotního pole plamene k plameni se provádí na základě porovnání symetrie s osou plamene, předvolenou v obrazu.

14. Způsob regulace kvalitu určujících parametrů surové taveniny ve sklářských tavicích vanách podle nároku 12, **vyznačující se tím**, že v rámci výřezu obrazu se vážením obrazových bodů koriguje perspektivní zkracování vzdáleností mezi řádky a sloupci obrazové matrice, přičemž toto vážení je proporcionální druhé mocnině vzdálenosti mezi příslušným reálným objektem a objektivem ve směru snímání obrazu.

15. Způsob regulace kvalitu určujících parametrů surové taveniny ve sklářských tavicích vanách podle nároku 12, **vyznačující se tím**, že perspektivní zkracování vzdáleností v rámci výřezu obrazu se koriguje výlučně mezi řádky obrazové matrice, přičemž každému řádku obrazových bodů ve výřezu obrazu se jedinečně přiřazuje úhel  $\alpha$  mezi podélnou osou sklářské tavicí vany v rovině skleněné taveniny a objektivem zařízení pro snímání obrazu a korekční faktor perspektivy je přitom  $1: \cos \alpha$ .

16. Způsob regulace kvalitu určujících parametrů surové taveniny ve sklářských tavicích vanách podle nároku 12, **vyznačující se tím**, že ve výřezu obrazu, který zahrnuje v podstatě hladinu skleněné taveniny tavicí zóny sklářské tavicí vany, se pokrytí sklářským kmenem vyhodnocuje jako suma povrchů hrud sklářského kmene a pokrytím sklářským kmenem je poměr plochy sklářského kmene, vztaženo ke konstantní ploše hladiny skleněné taveniny sklářské tavicí vany.

17. Způsob regulace kvalitu určujících parametrů surové taveniny ve sklářských tavicích vanách podle nároku 12, **vyznačující se tím**, že ve stanoveném výřezu obrazu se stanovuje linearizovaný přírůstek pokrytí sklářským kmenem v oblasti hnaných hrud sklářského kmene, přičemž vyhodnocením obrazu se plocha volného pokrytí sklářským kmenem stanovuje jako pole řádků, které obsahuje obrazové body jak v hodnotami jasu jako kritériem odlišené světlé třídě, tak i v alternativní tmavé třídě, po řádcích se stanovuje poměr počtu tmavých obrazových bodů k počtu bodů v řádku a určuje se linearizovaný nárůst pokrytí sklářským kmenem a konstanta nárůstu pokrytí sklářským kmenem jako funkce počtu obrazových řádků, v podélné ose sklářské tavicí vany a proti směru proudění k odběru, je charakteristickou hodnotou impulsu recirkulačního proudění a vstupní veličinou regulátoru pohybu kmene.

18. Způsob regulace kvalitu určujících parametrů surové taveniny ve sklářských tavicích vanách podle nároku 16 nebo 17, **vyznačující se tím**, že prahová hodnota obrazových bodů jako kritérium se stanovuje ze střední hodnoty jasu prvního obrazového řádku v patě výřezu obrazu a střední hodnoty jasu posledního obrazového řádku.

19. Způsob regulace kvalitu určujících parametrů surové taveniny ve sklářských tavicích vanách podle nároku 16 nebo 17, **vyznačující se tím**, že osa směru pohledu je orientována tak, že s výškou výřezu obrazu a podélnou osou vany leží v podstatě ve společné rovině, která je kolmá k hladině skleněné taveniny, že na kolmicích k ose směru pohledu se nacházející obrazové body jsou vyhodnocovanými obrazovými řádky a že číslování vyhodnocovaných obrazových řádků roste od základny výřezu obrazu.

20. Způsob regulace kvalitu určujících parametrů surové taveniny ve sklářských tavicích vanách podle nároku 16 nebo 17, **vyznačující se tím**, že prahová hodnota jasu jako kritérium

se nahrazuje intenzitou barev, zejména červené a zelené, přičemž malé složky červené barvy indikují tavicí se a/nebo chladný sklářský kmen a malé složky zelené barvy přitom indikují studený sklářský kmen.

- 5     **21.** Způsob podle nároku 20, **vyznačující se tím**, že prahové hodnoty intenzity modré, zelené a červené barvy jako kritérium se vytvářejí z jejich střední hodnoty středních hodnot prvního a posledního řádku.

- 10    **22.** Způsob regulace kvalitu určujících parametrů surové taveniny ve sklářských tavicích vanách podle některého nebo více z nároků 14 až 17, **vyznačující se tím**, že pokrytí sklářským kmenem je realitě odpovídající plochou proto, že se vytváří poměr počtu tmavých obrazových bodů ve výřezu obrazu s jejich váhovou hodnotou k počtu všech obrazových bodů ve výřezu obrazu, včetně jejich váhové hodnoty.

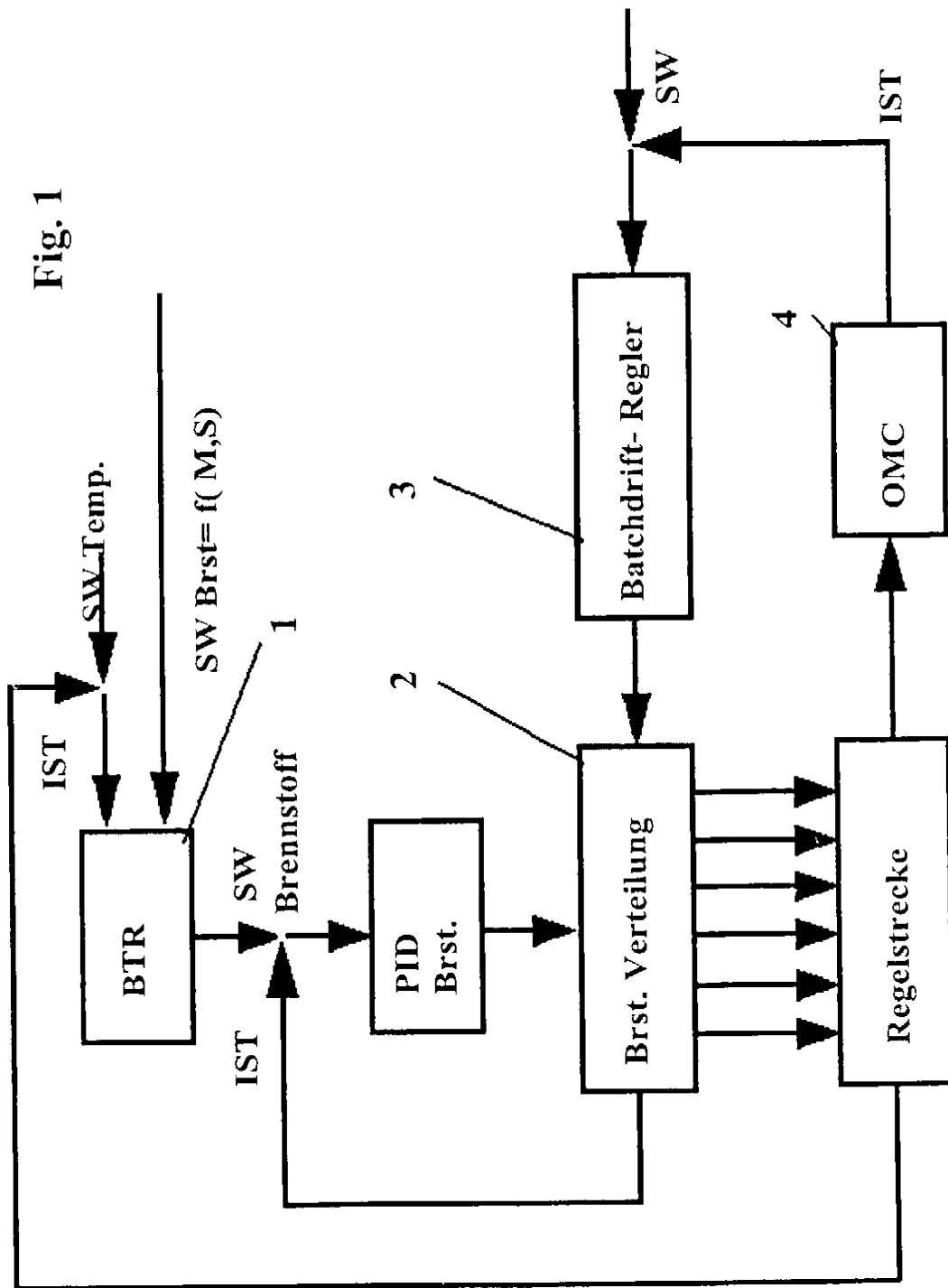
- 15    **23.** Způsob regulace kvalitu určujících parametrů surové taveniny ve sklářských tavicích vanách, **vyznačující se tím**, že sledování mezní délky plamene v přestávce vytápění v návaznosti na periodu odvádění spalin na předtím odtahové straně pece se provádí tak, že se provádí porovnání středních hodnot jasu dvou výřezů obrazu, přičemž první výřez obrazu zahrnuje hrany ústí vstupu, kterým se předtím odtahovaly spaliny, a druhý výřez obrazu je vnějším  
20    okolním polem uvedeného prvního výřezu obrazu s výjimkou samotného prvního výřezu obrazu, přičemž překročení mezní horní tolerance spustí chybový signál pro sledování mezní délky plamene.

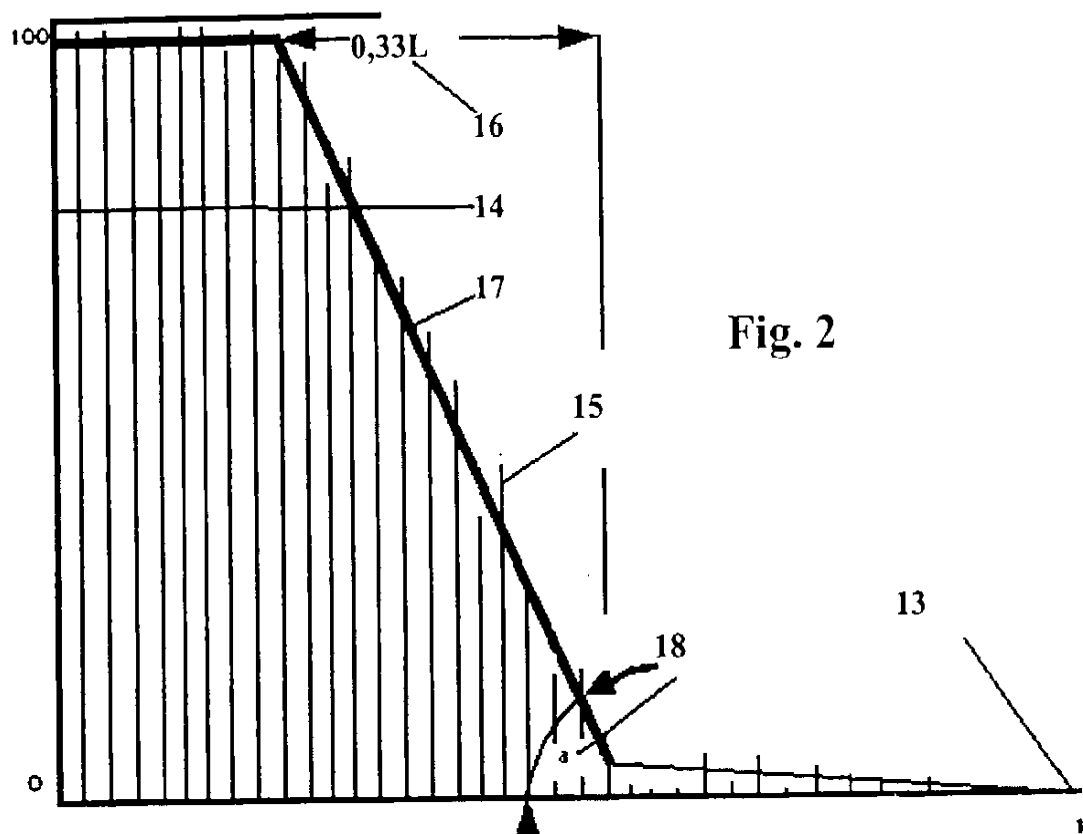
- 25    **24.** Způsob podle nároku 4, **vyznačující se tím**, že měření se v čase provádí v přestávce při změně stran vytápění.

4 výkresy

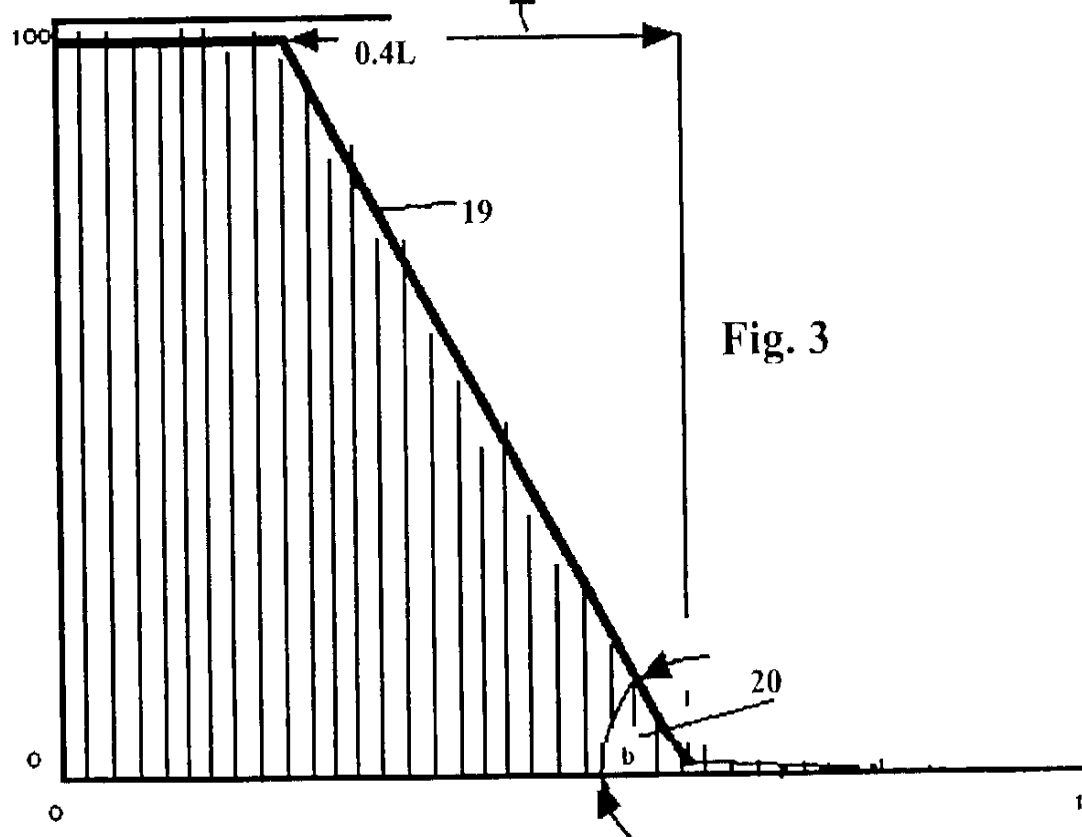
30

Fig. 1





**Fig. 2**



**Fig. 3**

Fig. 4

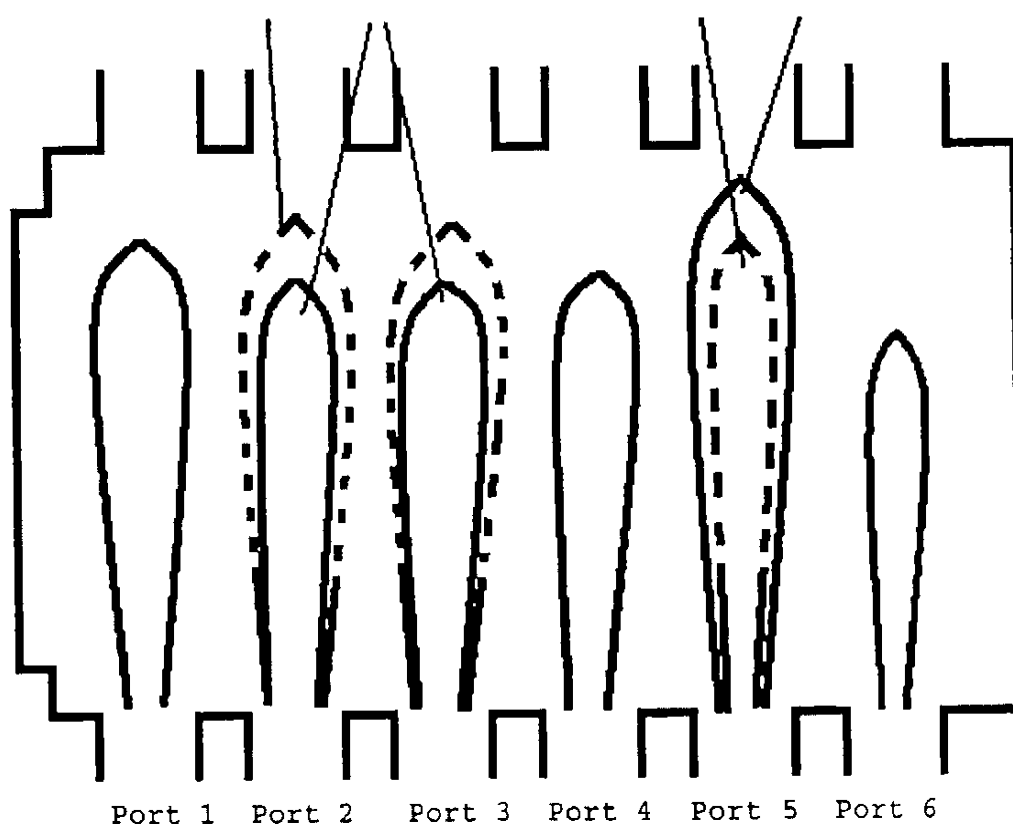
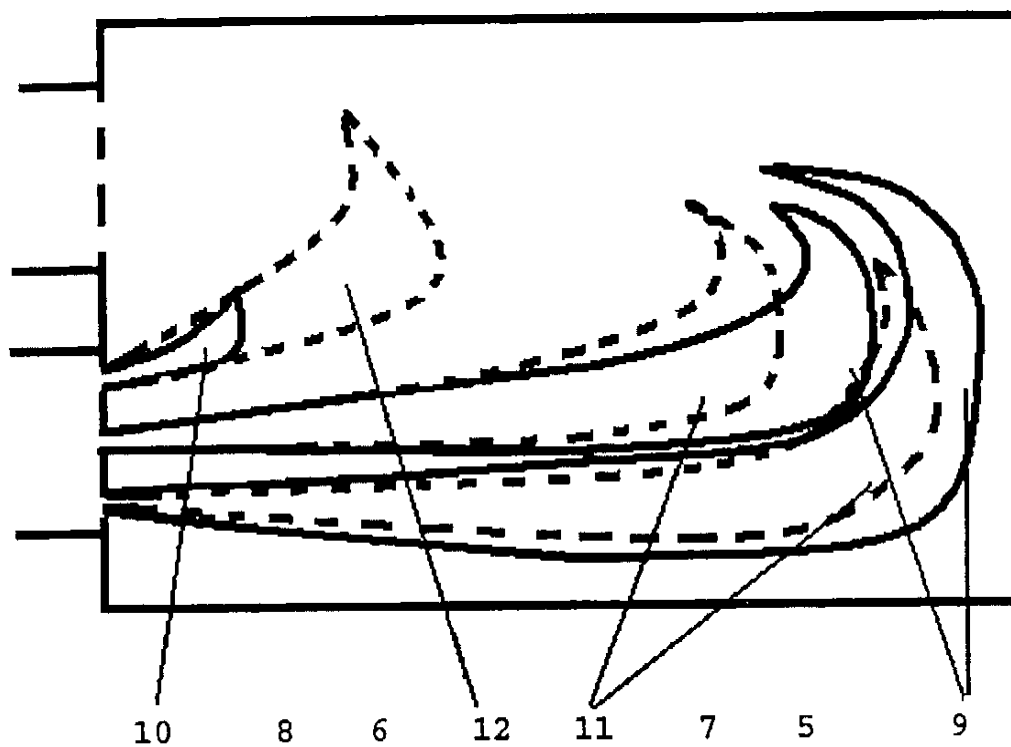
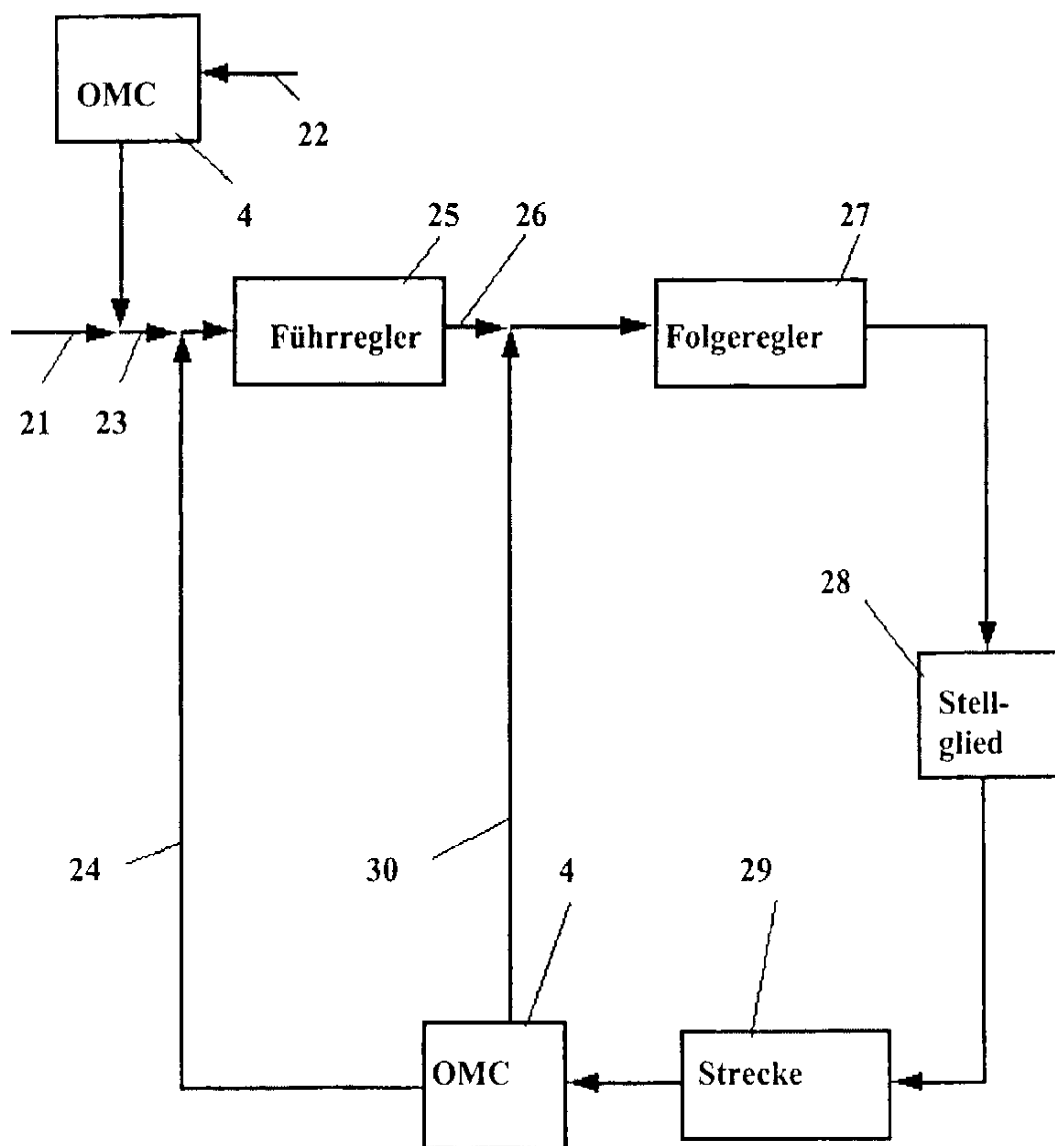


Fig. 5

Fig. 6



---

Konec dokumentu

---