

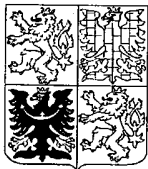
PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

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

(21) Číslo dokumentu:

2000 - 3847

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **17.10.2000**

(32) Datum podání prioritní přihlášky: **18.10.1999**

(31) Číslo prioritní přihlášky: **1999/420215**

(33) Země priority: **US**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **15.08.2001**
(Věstník č. 8/2001)

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl. ⁷:

F 23 C 6/04

F 23 D 14/32

F 23 D 14/22

(71) Přihlašovatel:

AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, INC.,
Allentown, PA, US;

(72) Původce:

Hoke Bryan Clair Jr., Bethlehem, PA, US;
Slavejkov Aleksandar, Allentown, PA, US;
D'agostini Mark Daniel, Allentown, PA, US;
Lievre Kevin Alan, Allentown, PA, US;
Pietrantonio Joseph Michael, Fogelsville, PA, US;

(74) Zástupce:

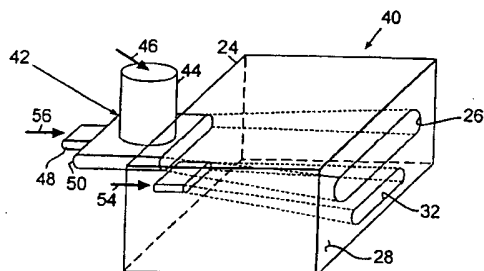
Guttmann Michal JUDr. Ing., Nad Štolou 12, Praha 7,
17000;

(54) Název přihlášky vynálezu:

**Způsob a zařízení pro podporu spalování paliva s
kyslíkem spalováním paliva se vzduchem**

(57) Anotace:

Způsob a zařízení (40) pro podporu spalování v systému palivo-kyslík i při dočasném snížení nebo zastavení dodávky kyslíku. Do vytápěného zařízení (40) se zavádí vzduch nebo vzduch obohacený kyslíkem místo směsi palivo-kyslík za účelem spalování a udržení úrovně ohřevu v peci. Při spalování se vzduchem nebo se vzduchem obohaceným kyslíkem se pro snížení objemu spalin používá chlazení spalin vodou.



Způsob a zařízení pro podporu spalování paliva s kyslíkem
spalováním paliva se vzduchem

Oblast techniky

Tento vynález se týká způsobu spalování paliva s kyslíkem a zařízení pro zvýšení teplot v průmyslových tavicích pecích pro tak rozdílné produkty jako jsou kovy, sklo, keramické materiály a podobně. Zvláště se tento vynález týká spalování, způsobů a zařízení pro udržení procesu spalování v případě omezeného nebo ukončeného přívodu kyslíku pro spalování s kyslíkem.

Dosavadní stav techniky

Použití hořáků pro spalování paliva s kyslíkem v průmyslových procesech jako je tavení skla umožňuje konstruktérovi pece dosáhnout proměnlivé rychlosti hoření plamene, různého pokrytí roztavené skloviny plamenem a rozličných radiačních charakteristik plamene. Příklady takových hořáků a způsobů spalování jsou popsány v patentech US 5 256 058, 5 346 390, 5 547 368 a 5 575 637, jejichž popisy jsou zde zahrnuty v formě odkazů.

Jeden zvláště účinný způsob a aparatura pro užití spalování s kyslíkem při výrobě skla se týká stupňovaného spalování popsaného v patentu US 5 611 682, jehož podrobný popis je zde zahrnut ve formě odkazu.

Na počátku devadesátých let zahájili výrobci odklon od spalování paliva se vzduchem ke spalování s oxidantem typu vzduch-kyslík. Uskutečnilo se obohacení některých systémů vzduch-palivo kyslíkem, přičemž koncentrace kyslíku dosáhla až asi 30 %. Vyšší koncentrace kyslíku v rozmezí 40-80 % se nepoužívají, protože tím by vznikly podmínky pro tvorbu škodlivin NO_x. Bylo též zjištěno, že spalování s oxidantem při koncentraci kyslíku v rozmezí 90 - 100 % má za

následek zlepšení ekonomických ukazatelů výroby.

Mnohé větší tavicí sklářské pece vyhřívané palivem s kyslíkem jsou zásobovány kyslíkem vyráběným na místě za použití známých kryogenních nebo vakuově adsorpčních způsobů. Při zajišťování dodávky kyslíku jeho výrobou na místě je obvyklým a dnes prakticky jediným způsobem skladovat zásobu kapalného kyslíku ve sklárně. Proto, když vypadne jeho výroba na místě z provozu ať už z provozních důvodů nebo kvůli rutinní údržbě, použije se tato zásoba kapalného kyslíku k dodání kyslíku ke spalování s kyslíkem. Tento způsob zajišťování kyslíku vyráběného na místě vyžaduje velké izolované nádrže pro skladování kapalného kyslíku a odpařovaky pro převádění kapalného kyslíku na plynný kyslík pro použití při spalování s kyslíkem. Z větších jednotek na rektifikaci kapalného vzduchu se kapalný kyslík na místo spotřeby běžně dopravuje nákladními auty. Zajištění zásoby kapalného kyslíku v systému jeho výroby na místě umožňuje uživateli pokračovat bez přerušení ve spalování paliva s kyslíkem. Každý systém spalování s kyslíkem, například kterýkoliv systém popsany ve výše uvedených patentech, by těžil z výroby kyslíku na místě s podpůrným systémem.

Až dosud nepředstavovalo zajišťování sklářských pecí vytápěných palivem s kyslíkem zásobou kapalného kyslíku žádný problém. V důsledku konverze dalších a dalších pecí v závodech s mnoha pecemi a používání spalování paliva s oxidantem v pecích na ploché a plavené sklo, jež jsou mnohem větší a užívají více kyslíku, se však zajištění kapalného kyslíku pro výrobce stává obtížným problémem vlivem vysokých pořizovacích nákladů skladovacích nádrží a odpařováků. Vedle tohoto investičního problému jsou zde logistické nesnáze s dopravou kapalného kyslíku na místo a zajištění dostatečného množství kapalného kyslíku z blízké jednotky pro rektifikaci kapalného vzduchu používané pro výrobu kapalného kyslíku v

krátké době. Doprava kapalného kyslíku na místo užití v odlehlých končinách se stává ještě větším problémem spojeným s různými obtížemi.

Při konverzi pece na tavení skla ze spalování se vzduchem na spalování s kyslíkem se obvykle odstraní zařízení pro recyklaci tepla jako jsou regenerátory stejně jako systémy zásobování vzduchem. Snížené pořizovací náklady díky eliminaci systémů recyklace tepla jsou pro uživatele jedním z důvodů konverze na spalování s kyslíkem. Vzhledem ke konstrukci hořáků na spalování s kyslíkem nelze změnit provoz prostou náhradou kyslíku vzduchem v běžných dnes používaných spalovacích zařízeních. Tlak potřebný pro dosažení stejného obsahu kyslíku při použití vzduchu v hořáku na palivo s oxidantem by byl mimořádně vysoký a vyžadoval by nákladný systém dodávky vzduchu. Kromě toho by některé hořáky na palivo s oxidantem byly omezeny zvukovou bariérou při spalování odpovídající rychlostí.

Při spalování paliva s kyslíkem v situaci omezené nebo přerušené dodávky kyslíku je běžným řešením udržovat provoz pece v podmínkách nouzového režimu zvaného "hot hold". Je to stav, při němž se výroba zastaví a pec se udržuje tak horká, aby sklo neztuhlo. Dovolit sklu ztuhnout znamená značné poškození pece. Několik společností se specializuje na znovuvvádění pecí do chodu po opravách pecí za studena. Používají speciálně konstruované hořáky na palivo se vzduchem pro počáteční vzrůst teploty v peci. V případě přerušení dodávek kyslíku lze použít těchto hořáků pro potřebné vytápění pro nouzový režim hot hold. Při tomto způsobu se nevytváří žádný speciální teplotní profil výroby a maximální dosažená teplota by při použití těchto zařízení mohla být asi 2200 °F. Tato teplota pro výrobu skla nestačí a výrobci skla ji považují za nejhorší možnost. Náklady přerušené výroby jsou pro ně velmi vysoké jak z hlediska ztraceného odbytu výrobku tak z hlediska přerušení provozu

navazujících linek tváření.

Z těchto důvodů existuje trvalá potřeba způsobu a zařízení pro udržení provozu v peci používané pro výrobu skla i v případě omezení nebo přerušení dodávky kyslíku.

Podstata vynálezu

Tento vynález se týká způsobu a zařízení pro podporu systému spalování paliva s kyslíkem systémem spalování paliva se vzduchem, jehož lze použít s obohacováním směsi kyslíkem nebo bez tohoto obohacování s cílem udržet výrobu v průmyslové peci jako je sklářská tavicí pec. Podle tohoto vynálezu byl konstruován systém umožňující spalování paliv ve směsi s kyslíkem, se vzduchem nebo směsi palivo-vzduch obohacený kyslíkem. Hořák podle tohoto vynálezu má originální řešení umožňující velice nízkou rychlost v případě spalování směsi palivo-kyslík, což umožňuje potřebný pokles tlaku při spalování paliva se vzduchem. Hořák podle vynálezu může provozně používat obohacování vzduchu kyslíkem.

Podle tohoto vynálezu se může pro spalování jak paliva s kyslíkem tak se vzduchem používat běžný hořákový kámen popsán v patentu USA 5 611 682, který umožňuje, aby se systém spalování rychle převáděl z jednoho způsobu na druhý. Podle tohoto vynálezu se, když nastane problém s dodávkou kyslíku, hořáky pro směs paliva s kyslíkem uzavřou, odpojí a nahradí podpurnými hořáky na směs paliva se vzduchem, které mají tentýž tvar umožňující připojení na hořákový kámen. V případě podpurného systému palivo-vzduch si uživatel ponechá systémy dodávky vzduchu z dřívějších systémů spalování paliva se vzduchem používaných při tavení skla, nebo se použije dmýchadel jako součásti podpurného systému. Hořáky na palivo se vzduchem podle tohoto vynálezu by měly vykazovat vyšší rychlost hoření při podstatně vyšších rychlostech než hořáky na palivo s kyslíkem.

Proto jedním aspektem vynálezu je způsob udržení vyhřívání pece na zvýšenou teplotu používající spalování směsi paliva s kyslíkem, do níž se zavádí plamen a oxidant se zavádí pod tímto plamenem i v případě, že přívod kyslíku pro uvedený plamen a uvedený oxidant je zrušen nebo zastaven, přičemž tento způsob zahrnuje stupně náhrady plamene vzduchem nebo vzduchem obohaceným kyslíkem, zaváděným při rychlosti potřebné k přibližnému zachování rychlosti hoření v hořáku v případě, že jediným zdrojem oxidantu pro spalování je kyslík, a náhrady oxidantu zaváděného pod uvedeným plamenem uvedeným palivem za účelem jeho spalování a zachování uvedené teploty v uvedené peci.

V jiném aspektu představuje tento vynález systém spalování s hořákem na směs paliva s kyslíkem uzpůsobeným tak, že vytváří plamen s předspalovací komorou namontovanou na hořáku, přičemž předspalovací komora má první průchod s předním koncem kapalinotěsně napojeným na ústí hořáku na straně plamene a s druhým koncem upraveným tak, aby směřoval plamen vytvořený hořákem k ohřevu výrobního prostoru obvykle ve tvaru plochého vějíře, a druhý oddělený průchod v předspalovací komoře umístěný pod ním a ve stejném rozpínavém tvaru jako první průchod, přičemž druhý průchod končí tryskou v druhém konci předspalovací komory s cílem přímo oxidovat tekutinu umístěnou vespod a obvykle paralelně s plamenem, přičemž toto zlepšení zahrnuje; prostředky pro zavádění vzduchu nebo kyslíkem obohaceného vzduchu hořákem do předspalovací komory namísto plamene, a další prostředky pro zavádění paliva do druhého odděleného průchodu v předspalovací komoře namísto oxidační tekutiny, přičemž spalovací systém může pokračovat v ohřevu výrobního prostoru v případě že přívod kyslíku je přerušen nebo omezen.

Ještě jiný aspekt, který tento vynález předpokládá, představuje snížení objemu spalných plynů v peci ohřívané způsobem a zařízením podle vynálezu chlazením kapalnou vodou

spalin opouštějících pec.

V ještě jiném aspektu se tento vynález týká náhrady spalování paliva s kyslíkem palivem se vzduchem za účelem udržení ohřevu výrobního prostoru, přičemž vzduch nebo kyslíkem obohacený vzduch je do tohoto prostoru zaváděn jakýmkoliv způsobem, tak aby ho byl potřebný objem pro potřebnou míru ohřevu. V tomto ohledu znamená chlazení spalin vodou přínos pro zmenšení objemu spalin.

Přehled obrázků na výkrese

Obrázek 1 je schematický perspektivní pohled na běžné zařízení pro stupňované spalování.

Obrázek 2 je průřez z obrázku 1 po linii 2-2.

Obrázek 3 je schematický perspektivní pohled na zařízení podle tohoto vynálezu.

Obrázek 4 je čelný pohled na hořákový kámen nebo předspalovací komoru zařízení podle obrázku 3.

Obrázek 5 ukazuje graf normalizované průtokové rychlosti methanu proti normalizované průtokové rychlosti kyslíku v podmínkách od nulové po nejvyšší stupeň výroby.

Obrázek 6 ukazuje graf koncentrace kyslíku proti normalizované průtokové rychlosti kyslíku pro výkonnosti stejné jako na obrázku 5.

Obrázek 7 ukazuje graf normalizované průtokové rychlosti spalin pro několik výrob.

Obrázek 8 ukazuje graf normalizované průtokové rychlosti spalin po zředění vodou proti průtokové rychlosti kyslíku

při výkonnosti od nulové po nejvyšší stupeň výroby.

Obrázek 9 ukazuje graf normalizované průtokové rychlosti spalin po zředění vodou proti normalizované průtokové rychlosti kyslíku pro výrobu od nulové po nejvyšší stupeň výroby.

Tento vynález se týká způsobu a zařízení pro zajištění systému ohřevu pece palivem ve směsi kyslíkem ohřívacím systémem palivo-vzduch. Podpurný systém palivo-vzduch se podle tohoto vynálezu může používat s obohacováním vzduchu kyslíkem nebo bez něj. Hořák podle vynálezu dovoluje nejméně dva rozdílné způsoby použití, například spalování paliva s kyslíkem nebo se vzduchem. Dalším znakem hořáku je provoz při velmi nízké rychlosti v případě spalování paliva s kyslíkem, což umožňuje přijatelné poklesy tlaku v hořáku při spalování paliva se vzduchem, s obohacením vzduchu kyslíkem nebo bez něj. V tomto vynálezu se spalováním paliva s kyslíkem míní spalování s 80 až 100 % objemovými kyslíku. Obohacováním kyslíkem se míní koncentrace kyslíku mezi 22 a 80 % objemovými.

Podle tohoto vynálezu se může při spalování typu palivo-kyslík nebo palivo-vzduch použít téhož hořákového kamene nebo předspalovací komory, což umožňuje, aby se spalovací systém rychle přeměnil z jednoho typu na druhý. Když se vyskytne závada v přívodu kyslíku, hořáky na spalování paliva s kyslíkem se uzavřou, odpojí a nahradí podpurnými hořáky na palivo smíšené se vzduchem, které mají stejné připojení na hořákový blok. V případě podpurného systému typu palivo-vzduch mohl výrobce skla zachovat systémy přívodu vzduchu, jež zde byly před konverzí na spalování paliva s kyslíkem, nebo se jako součást podpurného systému zajistí dmýchadla. Je důležité, aby podpurné hořáky na palivo se vzduchem byly schopny podstatně vyšší rychlosti

na palivo se vzduchem byly schopny podstatně vyšší rychlosti hoření než je rychlost podporovaných hořáků na palivo s kyslíkem.

Vyšší rychlost hoření je nezbytná pro podpurné hořáky na směs paliva se vzduchem kvůli dodatečným ztrátám energie způsobeným ohřevem a vylučováním dusíku. Kromě toho není v typickém případě vzduch používaný pro spalování v podpurném systému předehříván, což má za následek pokles účinnosti pece ve srovnání s typickou pecí na palivo se vzduchem. Z jednoduché termodynamické kalkulace vyplývá potřeba zvýšit rychlost hoření paliva, když se pro spalování nepoužije předehřátého vzduchu. Vstupní předpoklady pro tento příklad jsou: palivo a kyslík spolu reagují beze zbytku a nezbyde žádný kyslík ani meziprodukty; všechny plyny (například methan, vzduch nebo kyslík) vstupují do pece při 77 °F; a všechny plynné spaliny opouštějí pec při 2800 °F po úplném spálení. Za těchto podmínek je třeba při spalování se vzduchem 2,65násobné rychlosti hoření ve srovnání s hořením 100% kyslíku, má-li se získat stejné využitelné teplo. Využitelné teplo je energie přenesená na vsázku a na tepelné ztráty z pece.

Proto objemová průtoková rychlost oxidantu dramaticky vzroste když se sníží průtoková rychlost kyslíku. Objem proudu oxidantu se zvětší 4,76x v důsledku přítomnosti dusíku a o další 2,65násobek v důsledku požadavku na vyšší rychlost hoření. To znamená, že průtoková rychlost proudu oxidantu se zvýší asi 12,6x když se kyslík zcela nahradí vzduchem.

Velkým problémem při spalování paliv se vzduchem v sestavě hořáku na palivo s kyslíkem je tlak dodávaného vzduchu potřebný v důsledku používání velkých objemů plynu. Tento vynález používá systému s nízkou rychlostí oxidačního činidla. Proto je i při spalování směsi paliva se vzduchem pokles tlaku natolik nízký, aby dovolil užití relativně

levných dmýchadel, přičemž se rychlosti hoření v hořáku udržují stejné jako rychlosti při hoření paliva s kyslíkem nebo větší. Toto zase umožňuje výrobní kontinuitu, když se například při tavení skla pracuje podpurným způsobem v důsledku nouzového výpadku nebo omezení přívodu kyslíku.

U hořáků na palivo s kyslíkem s rychlostmi oxidantu v kterémkoliv bodě hořáku nad asi 90 stop/s bude jeho konstrukce limitována zvukovou bariérou na rychlosti odpovídající hoření za použití vzduchu jako oxidantu a při plném provozu. Rychlost zvuku se definuje rovnicí $a = \sqrt{kRT}$, přičemž k je poměr specifických tepel (1,4 pro vzduch), R je plynová konstanta (287 J/kg K) a T je absolutní teplota. Vzduch má při 25 °C (77 °F) rychlost zvuku 346 m/s (1135 stop/s). V případě hořáku na palivo s kyslíkem s rychlostí kyslíku 100 stop/s je odpovídající rychlost hoření při použití vzduchu 12,6x větší, to znamená 1260 stop/s, což je rychlost větší než rychlost zvuku. Nemá-li tedy být překročena hranice rychlosti zvuku, musí se hořák pro palivo s kyslíkem konstruovat pro rychlost kyslíku pod 90 stop/s, má-li být nahrazen veškerý kyslík vzduchem bez výměny některé součásti sestavy hořáku. Alternativně se může podle jednoho aspektu tohoto vynálezu předejít překročení tohoto limitu tím, že se při přechodu z jednoho typu vytápění (oxidantem vzduch nebo kyslík) vymění korpus hořáku. Hořákový kámen se musí konstruovat tak, aby povrchová rychlost byla menší než rychlost zvuku při provozu s palivem ve směsi se vzduchem.

Tvar plamene je rovněž důležitý u tradičních hořáků na palivo ve směsi s kyslíkem pracujících při 2,65násobku jejich nominální rychlosti hoření, zvláště při 12,6x větší objemové průtokové rychlosti v průchodu pro oxidant. Provedení tohoto vynálezu popsané níže zajišťuje vhodný tvar plamene při spalování paliva jak s kyslíkem, tak se vzduchem.

tlakem přiváděného oxidantu, limity rychlosti a tvarem plamene. Zjistili jsme, že je možné dát uživateli možnost přecházet od hoření paliva s kyslíkem k hoření paliva se vzduchem za použití téhož hořákového kamene úpravou korpusu hořáku Cleanfire® HRTM od firmy Air Products and Chemicals Inc., Allentown Pennsylvania.

Jak je zřejmé z obrázku 1, zařízení pro stupňované spalování 10 obsahuje hořák pro spalování paliva s kyslíkem 12 a předspalovací komoru nebo hořákový kámen 14. Hořák pro směs palivo-kyslík 12 obsahuje středový kanál 16 pro přívod paliva jakým je například zemní plyn, který ukazuje šipka 18. Zdroj kyslíku naznačený šipkou 20 se zavádí do průchodu mezi kanálem pro palivo 16 a vnějším soustředným kanálem 22. Hořák je podrobně popsán v patentu US 5 611 682, jehož podrobný popis je zde zahrnut ve formě odkazu. Hořák 12 se upevní k hořákovému kameni 14 tekutinotěsným spojem na předním konci 24 předspalovací komory nebo hořákového kamene 14. Hořákový kámen 14 obsahuje první nebo centrální průchod 26, který se rozšiřuje od předního konce 24 k výstupnímu konci 28 hořákového kamene 14. Kanál 26 má větší šířku než výšku a rozbíhavý tvar jak je ukázáno a popsáno v patentu '682. V zájmu stupňovaného spalování zavádí se kyslík představovaný šipkou 30 do druhého kanálu 32 v hořákovém kameni 14. Kanál 32 má tvar obdobný jako centrální kanál a má větší šířku než výšku, jak je ukázáno a opět podrobně popsáno v patentu '682.

S přihlédnutím k obrázku 2 má na předním konci předspalovací komory 14 hořák na palivo s kyslíkem 12 výtokový konec s centrálním kanálem pro palivo 16 obklopeným průchodem pro kyslík 22. Kyslík pro stupňované spalování opouští kanál 31 umístěný pod kanálem pro plamen hořící směsi palivo-kyslík jak ukazuje obrázek 2.

Obrázek 3 ukazuje spalovací zařízení podle tohoto vynálezu. Spalovací zařízení 40 zahrnuje hořákový kámen 14

identický s hořákovým kamenem 14 na obrázku 1. Podle tohoto vynálezu je hořák 42 podobný hořáku 12 pro směs paliva a kyslíku na obrázku 1 a má zařízení 44 umožňující přívod vzduchu nebo kyslíkem obohaceného vzduchu do svrchního kanálu 50 hořáku 42. Hořák 42 je též upraven tak, aby zaváděl vzduch nebo kyslíkem obohacený vzduch kanálem 48 hořáku 42 do horního kanálu 50, kde se mísí oxidanty z kanálů 44 a 48.

Šipka 46 naznačuje zavádění vzduchu nebo kyslíkem obohaceného vzduchu do zařízení 44, jež přivádí vzduch nebo kyslíkem obohacený vzduch do kanálu 50. Vzduch nebo kyslíkem obohacený vzduch postupuje z kanálu 50 do centrálního kanálu 26 hořákového kamene a odchází do pece.

Po konverzi hořáku na omezené spalování paliva s kyslíkem nebo na jeho přerušení, se nahradí přívod kyslíku pro stupňované spalování (naznačený šipkou 30 v obrázku 1) palivem znázorněným šipkou 54, takže palivo nebo palivo obohacené kyslíkem opouští kanál 32 hořákového kamene 14. Na schematickém obrázku 4 jsou kanály 26 a 32 na předním konci hořákového kamene 14, přičemž se kanál 26 používá pro přivádění vzduchu nebo kyslíkem obohaceného vzduchu do pece a kanál 32 se používá pro přivádění paliva nebo kyslíkem obohaceného paliva do pece. Když se hořák 42 používá v systému spalování palivo-vzduch, proudí vzduch nebo vzduch obohacený kyslíkem kanálem 26 a palivo nebo kyslíkem obohacené palivo kanálem 32. Konstrukce hořákového kamene je taková, že se ustaví stabilní plamen směsi palivo-vzduch, protože mezi oběma otvory je oblast recirkulace.

Kromě schopnosti spalovat směs palivo-vzduch umožňuje zařízení podle vynálezu regulování stupně obohacování kyslíkem. Použití obohacení kyslíkem zlepšuje provozní pružnost podpůrného nouzového režimu snížením množství kyslíku odebíraného ze skladu kapalného kyslíku. Rovněž to umožňuje úpravu délky plamene přidáním kyslíku do proudu

Kyslík pro obohacování směsi se může přivádět různými způsoby. Pro obohacování vzduchu kyslíkem se například mohou přivodní trubky pro kyslík vést primárním kanálem 26 hořákového kamene nebo hořákovým otvorem pro kyslík na stupňované spalování 32 nebo oběma cestami, nebo se mohou separované přivodní trubky pro kyslík instalovat v jisté vzdálenosti od předspalovací komory 14 nebo od hořákového otvoru pro kyslík pro stupňované spalování 32. Kyslík přiváděný tímto hořákovým otvorem by spolu se zemním plynem mohl přispět k tvorbě sazí pro lepší přenos tepla do pecní vsázky sáláním.

Použití způsobu a zařízení podle tohoto vynálezu umožňuje udržovat maximální teplotu a rozložení teploty potřebné pro výrobu skla. Obohacování vzduchu kyslíkem nebo spalování paliva s kyslíkem by se mělo výhodně používat u hořáků s nejvyšší rychlostí hoření v oblasti tepelného maxima pece. Sníží to průtokovou rychlost vzduchu potřebnou pro tyto hořáky i pokles tlaku. Obohacení kyslíkem též zvyšuje maximální teplotu plamene a tím zvyšuje přenos tepla v oblasti tepelného maxima pece. Je dobře známo, že tepelné maximum je potřebné ve sklářských pecích pro vzniklé konvekční bublinky ve sklovině, nutné pro výrobu skla přijatelné kvality.

Pro udržení nouzového režimu (hot hold) se mohou použít i další technologie užívající směsi paliva se vzduchem. Záměrem tohoto vynálezu je umožnit uživateli pokračovat v produkci. Minimální rychlost hoření při použití podpůrného systému palivo-vzduch je taková, že se může zachovat nejméně 20 % nominální výroby. Soudí se, že tento objem výroby umožňuje výrobcí plaveného skla udržet v lázni pro plavené sklo kontinuální skleněný pás.

Hořáky na palivo s kyslíkem s vyšší rychlostí se mohou upravit na provoz při nízké rychlosti přidáním jednoho nebo více vstupních vletů a tím aplikovat způsob popsany v tomto

vynálezu. Tyto otvory se mohou normálně uzavřít nebo během spalování paliva s kyslíkem použít pro stupňované spalování. Před zahájením podpůrného režimu s palivem ve směsi se vzduchem je též možno přidat jeden nebo více vstupních otvorů vyvrtáním otvoru do stěny ze žárovzdorného zdiva poblíž hořákového vletu.

Jinou možností pro pece užívající hořáků s vysokou rychlostí hoření je nahradit hořákový kámen kamenem s většími otvory za účelem snížení poklesu tlaku. V tomto případě je však nebezpečí, že se do skloviny zanesou během této výměny cizorodý žárovzdorný materiál, což by mohlo způsobit závady ve skle. Kromě toho je výměna hořákových bloků časově dosti náročná, pravděpodobně příliš na to, aby nedošlo k přerušení výroby.

Obrázek 5 ukazuje průtokovou rychlost methanu potřebnou pro podmínky nouzového podpůrného režimu (hot hold) při nulové výrobě, 20%, 50% a plné výrobě za předpokladu, že například při plné výrobě připadá 35 % využitelného tepla na ztráty tepla stěnami pece. Udržení výroby na minimální úrovni (hot hold) by se docílilo za nižších rychlostí hoření než graf ukazuje, protože by se snížila celková teplota pece a tím i ztráty tepla stěnami. Tento graf předpokládá, že nezávisle na výrobě nebo podílu kyslíku tyto tepelné ztráty zůstanou stejné. Průtoková rychlost methanu je normalizována na bázi průtokové rychlosti methanu pro plnou výrobu se 100% spotřebou směsi palivo-kyslík a průtoková rychlost kyslíku je normalizována na bázi průtokové rychlosti pro plnou výrobu a 100% spotřebu směsi palivo-kyslík. Normalizovaná průtoková rychlost je 1,0, když je veškerý oxidant pro spalování zajištěn dodávkou kyslíku (žádný vzduch) a 0, když veškerý oxidant pro spalování představuje vzduch.

Obrázek 6 je odvozený graf koncentrace kyslíku jako funkce normalizované průtokové rychlosti kyslíku pro každou výkonnost stejnou jako na obrázku 5.

výkonnost stejnou jako na obrázku 5.

Jak ukazuje bod A na obrázku 5 pro nouzový režim hot hold používající pouze vzduch jako oxidant pro spalování (nulová normalizovaná průtoková rychlost kyslíku), průtoková rychlost methanu je přibližně stejná jaká je nutná při 100% použití směsi palivo-kyslík při plné produkci (normalizovaná hodnota průtoku je 1). Nouzový režim hot hold se může též udržovat při 35% průtokové rychlosti kyslíku z průtoku při plné výrobě a 35% průtokové rychlosti methanu z průtoku při plné výrobě (bod B). S odkazem na obrázek 6 (bod B) je zřejmé, že provozní podmínky představované bodem B odpovídají 100% spotřebě směsi palivo-kyslík bez zředění vzduchem.

Obrázek 5 ukazuje, že průtok kyslíku a průtok methanu se mohou snížit na polovinu a umožnit 20 % plné výroby. To znamená, že když se výroba sníží na 20 % plné výroby, může skladovaná zásoba kyslíku vydržet dvakrát déle. Podle obrázku 6 to odpovídá 100% hoření směsi palivo-kyslík.

Při 50% produkci se může průtok kyslíku snížit na polovinu průtoku při plné výrobě a průtok methanu na asi 95 % průtoku při plné výrobě. Podle obrázku 6 je za těchto provozních podmínek koncentrace kyslíku kolem 35 %.

Teplota spalín z pece na palivo s kyslíkem je po průchodu zařízením na recyklaci tepla vyšší než odpovídající plyny z pece na palivo se vzduchem. Proto musí výrobci skla nějakým způsobem snížit teplotu produktů spalování směsi paliva s kyslíkem dříve než vstoupí do sekce odtahu spalín vyrobené z kovu. Vzhledem k dnešním směrnicím na ochranu ovzduší, zpracování palivových plynů pro sklářské pece typicky zahrnují zařízení pro odlučování pevných částic jako jsou elektrostatické nebo rukávové odlučovače. Tato zařízení mají maximální provozní teplotu podstatně nižší než je teplota spalín z pecí vytápěných palivem s kyslíkem, typicky kolem 1000 °F. Proto se musí spaliny před těmito zařízeními

Když se kyslík pro spalování v peci konstruované pro spalování paliva s kyslíkem nahradí vzduchem, objem spalin podstatně vzroste. Obrázek 7 ukazuje, jak vzroste průtoková rychlost spalin, když se kyslík nahradí vzduchem při několika výrobcích. Při tvorbě tohoto grafu se použilo těchže vstupních předpokladů ohledně vstupních a výstupních teplot a tepelných ztrát jako v předchozích obrázcích. Průtoková rychlost spalin je normalizována vzhledem k průtoku spalin při plné produkci se 100% spotřebou směsi paliva s kyslíkem. Když se kyslík zcela nahradí vzduchem, vzroste průtok spalin při plné produkci více než devětkrát. Když se kyslík plně nahradí vzduchem, je možno očekávat v podmínkách nouzového režimu hot hold trojnásobné zvýšení průtokové rychlosti spalin.

V důsledku zvýšeného průtoku spalin je třeba dodat mnohem víc zředovacího vzduchu pro snížení teploty na stejnou hladinu, dříve než plyn vstoupí do kovové sekce odtahu spalin. Obrázek 8 ukazuje výsledek termodynamických výpočtů, když se spaliny z pece teploty 2800 °F zředí vzduchem teploty 77 °F za vzniku proudu plynu teploty 1000 °F, což je teplota vhodná pro kovovou sekci odtahového systému spalin. Normalizovaný průtok spalin se po zředění vzduchem vynáší jako funkce normalizovaného průtoku kyslíku. Proud spalin se normalizuje vzhledem k 100% spotřebě směsi palivo-kyslík a plné výrobě, když se spaliny teploty 2800 °F zředí vzduchem teploty 77 °F za vzniku proudu plynu teploty 1000 °F. Jestliže se kyslík nahradí vzduchem v podmínkách plné výroby a spaliny se zředí vzduchem teploty 77 °F na proud plynu teploty 1000 °F, výsledná průtoková rychlost spalin se zvětší na 7,5násobek průtoku v případě plné výroby a spalování paliva s kyslíkem. Odtahový systém spalin potom není schopen zvládnout tento kapacitní nárůst vzhledem k omezením poklesu tlaku. Proto vzroste tlak v peci, což může vést ke strukturálním poruchám.

Existuje více způsobů řešení problému zvýšeného objemu spalin: například snížení výroby, spalování paliva obohaceného kyslíkem, alternativní způsoby chlazení spalin (například vodou), použití doplňkových kapacit pro spaliny, obchvat sekce zpracování spalin nebo kombinace dvou nebo více výše uvedených způsobů. Výhodný způsob řešení otázky zvětšeného objemu spalin v souladu s tímto vynálezem představuje kombinace chlazení vodou, snížení výroby a v případě potřeby obohacování kyslíkem při spalování.

Obrázek 9 ukazuje výsledky termodynamického výpočtu v případě, že kapalná voda s teplotou 77 °F zajišťuje chlazení s odpařováním v přímém styku. Normalizovaná průtoková rychlost po zředění vodou se vynáší proti normalizované průtokové rychlosti kyslíku. Průtok spalin je normalizován vzhledem k 100% spotřebě paliva s kyslíkem a plné produkci, přičemž se spaliny s teplotou 2800 °F zředí vzduchem teploty 77 °F na proud plynu teploty 1000 °F. Obrázek ukazuje, že objem spalin se může zmenšit na polovinu při provozu se směsí palivo-kyslík a plné produkci, když se vzduch jako chladiivo ve spalinách nahradí vodou. V případě plné produkce a užití vzduchu místo kyslíku pro spalování a vody jako chladiiva pro spaliny je průtok spalin 3,6násobkem základního případu plné produkce a výhradního užití směsi palivo-kyslík. Při 50% výrobě a užití vzduchu místo kyslíku jako oxidantu je objem proudu spalin asi 2,5x větší než v základním případě plné produkce a výhradního použití směsi palivo-kyslík.

Tabulka 1: Přehled hořáků a způsobů pro podpůrné užití

Výhodné provedení	Alternativní provedení
1. Při spalování směsi palivo-kyslík a palivo-vzduch	Hořákový kámen se vymění, ve stěnách pece se vyvrtaří nové

se užívá tentýž hořákový kámen	otvory nebo se nové otvory otevřou pomocí hořákových kamenů konstruovaných pro podpůrnou akci palivo-vzduch
2. Při vzájemné záměně režimu palivo-kyslík a palivo-vzduch je stejná montáž, nové technické prostředky	Hořákový kámen se vymění, ve stěnách pece se vyvrtají nové otvory nebo se nové otvory otevřou pomocí hořákových kamenů konstruovaných pro podpůrnou akci palivo-vzduch
3. Průřez hořákového kamene je takový, že rychlost oxidantu je při podpůrné akci pod 250 stop/s v místě minimálního průřezu hořáku nebo korpusu hořáku	Průřez hořákového kamene je takový, že rychlost oxidantu je při podpůrné akci pod 500 stop/s v místě minimálního průřezu hořákového kamene nebo korpusu hořáku
4. Použití vzduchu jako oxidantu při podpůrné akci	Koncentrace kyslíku při podpůrné akci menší než 50 %.
5. Chlazení kouřového plynu vodou	Chlazení kouřového plynu kombinací vody a vzduchu
6. Teplota oxidantu pod 150 °F	Teplota oxidantu pod 1000 °F
7. Není potřeba dalšího hořákového kamene při podpůrné akci palivo-vzduch	Až dvakrát větší počet použitých hořáků při provozu palivo-vzduch než při provozu palivo-kyslík
8. Při podpůrné akci palivo-vzduch více než 80 % kapacity plné produkce	Při podpůrné akci palivo-vzduch více než 20 % kapacity plné produkce
9. Povrchová rychlost v hořákovém kameni při zcela otevřeném průřezu v provozu palivo-kyslík pod 90 stop/s	Povrchová rychlost v hořákovém kameni při zcela otevřeném průřezu v provozu palivo-kyslík pod 400 stop/s

Alternativy k navrhovanému vynálezu jsou tyto: volba 1.: pokračovat ve 100% spalování směsi paliva s kyslíkem a zvětšit kapacitu skladování kyslíku; 2. nouzový režim "hot hold" s použitím hořáků na směs paliva se vzduchem k ohřevu; 3. nouzový režim hot hold nebo omezená produkce s vysokorychlostními hořáky na směs paliva s kyslíkem za použití vzduchu místo kyslíku. Rozdíl mezi navrženým vynálezem a volbou 1 je snížené užití kyslíku a zvýšené výdaje na skladování kapalného kyslíku. Rozdíl mezi vynálezem a volbou 2 spočívá v zachování trvalé výroby a nákladech. Rozdíl mezi vynálezem a volbou 3 je v technické obtížnosti přívodu vysokotlakého vzduchu.

Výhoda vynálezu ve srovnání s volbou 1 spočívá v nižších pořizovacích nákladech (méně nádrží na kapalný kyslík). V závislosti na délce odstávky podnikové kyslíkárny rovněž nedojde k problémům s logistikou a dosažitelností kapalného kyslíku. Výhodou navrženého vynálezu oproti volbě 1 je, že může fungovat i když tu je problém s přívodem kyslíku a regulací průtoku. Další výhodou vynálezu ve srovnání s volbou 2 je vyšší maximální teplota v peci a standardu podobný teplotní profil potřebný pro výrobu skla. Ještě další předností vynálezu proti volbě 2 je kontinuální výroba. Nejúčinnější řešení je pokračující plná výroba za použití vzduchu nebo kyslíkem obohaceného vzduchu. I výroba na minimální úrovni s cílem udržet skleněný pás v plavici lázni má obrovskou cenu. Restartování skleněného pásu je časově náročné a může výrobu zdržet o jeden nebo více dní. Například hodnota denní produkce pece produkující ploché sklo s výrobou 600 t/den při ceně skla 300 USD/t je 180 000 USD denně. Další předností vynálezu oproti volbě 2 je, že podpurný systém znamená řešení na místě. Volba 2 znamená, že cizí firma musí přijít a instalovat své zařízení. Další výhodou vynálezu je, že není třeba navrtávat, řezat nebo

jinak narušovat žárovzdorné zdivo.

Tento vynález umožňuje uživateli použít různé hořáky pro provoz se směsí palivo-vzduch a palivo-kyslík, jednotný systém montáže hořáků na palivo-vzduch a palivo-kyslík a vyšší maximální teploty v peci ve srovnání s hořáky na vytápění systémem palivo-vzduch. Způsob podle tohoto vynálezu je schopen vytvořit obdobné rozložení teplot v peci potřebné pro výrobu skla, dovoluje vyšší rychlosti hoření blízko tepelného maxima pece preferenčním zvyšováním koncentrace kyslíku, používat oddělené ale blízko sebe umístěné vlety pro přívod vzduchu a paliva pro provoz typu palivo-vzduch, měnit funkci hořákových vletů pro kyslík pro stupňované spalování v předspalovací komoře při režimu palivo se vzduchem a palivo s kyslíkem jako oxidantem. Při operaci typu palivo-kyslík se větší kanál používá jako předspalovací komora, jíž proudí kyslík a palivo a menší kanál je pro kyslík pro stupňované spalování. Při provozu typu palivo-vzduch se větší kanál používá pro proudění vzduchu nebo kyslíkem obohaceného vzduchu a menší kanál přednostně pro palivo.

V rozsahu tohoto vynálezu je zahrnuto řešení umístění odděleného hořákového kamene nebo předspalovací komory do pecní zdi k zavádění vzduchu nebo kyslíkem obohaceného vzduchu nebo paliva do pece. Při tomto řešení se hořák na palivo-kyslík odstaví a samostatný hořákový kámen se použije pro spalování podle popisu v tomto vynálezu.

Rovněž je zahrnuto v rozsahu tohoto vynálezu zavádět vzduch a palivo do pece oddělenými hořáky nebo trubkami, jež jsou nezávislé na hořácích pro směs paliva s kyslíkem, pokud jsou vzduch, kyslíkem obohacený vzduch a palivo zaváděny v souladu s popisem tohoto vynálezu.

P A T E N T O V É N Á R O K Y

1. Způsob zachování ohřevu pece na zvýšenou teplotu používající spalování směsi paliva s kyslíkem v y z n a č u j í c í s e t í m, že se do uvedené pece zavádí plamen ze směsi palivo-kyslík a oxidant pod uvedeným plamenem i v případě, že přívod kyslíku pro uvedený plamen a uvedený oxidant je znemožněn nebo ukončen, a který zahrnuje stupně:

uvedený plamen ze směsi paliva s kyslíkem se nahradí vzduchem nebo vzduchem obohaceným kyslíkem a tento vzduch nebo vzduch obohacený kyslíkem se zavádí do uvedené pece; a

uvedený oxidant se nahradí uvedeným palivem a uvedené palivo se zavádí do uvedené pece za účelem spalování a udržení uvedené teploty v uvedené peci.

2. Způsob podle nároku 1, v y z n a č u j í c í s e t í m, že uvedená pec je pec na tavení skla, přičemž se v uvedené peci udržuje rozložení teplot spalováním paliva se vzduchem s výjimkou hořáků v blízkosti tepelného maxima uvedené pece, kde se používá spalování se vzduchem obohaceným kyslíkem.

3. Způsob podle nároku 1, v y z n a č u j í c í s e t í m, že zahrnuje náhradu uvedeného plamene vzniklého spalováním směsi paliva a kyslíku vzduchem zaváděným průtokovou rychlostí asi 12,6x větší než je průtoková rychlost směsi paliva s kyslíkem nebo kyslíku při spalování pouhé směsi palivo-kyslík.

4. Způsob podle nároku 1, v y z n a č u j í c í s e t í m, že výtoková rychlost uvedeného vzduchu nebo vzduchu obohaceného kyslíkem z uvedeného hořáku je menší než asi 250 stop/s.

5. Způsob podle nároku 1, v y z n a č u j í c í s e t í m, že zahrnuje zavádění vzduchu nebo vzduchu obohaceného kyslíkem hořákovým kamenem.

6. Způsob podle nároku 1, v y z n a č u j í c í s e t í m, že zahrnuje stupně zavádění kyslíku s uvedeným palivem pro zvýšení přenosu sálavého tepla na vsázku ohřívanou v uvedené peci.

7. Způsob podle nároku 1, v y z n a č u j í c í s e t í m, že zahrnuje stupeň chlazení spalín opouštějících uvedenou pec s cílem zmenšit objem uvedených spalín ve srovnání s chlazením uvedených kouřových plynů vzduchem.

8. Spalovací systém s hořákem na směs paliva s kyslíkem uzpůsobeným tak, aby s předspalovací komorou instalovanou na uvedeném hořáku vytvářel plamen, přičemž uvedená předspalovací komora má první průchod s předním koncem tekutinotěsně spojeným s plamenovým koncem hořáku a s druhým koncem upraveným tak, aby směřoval plamen vytvořený uvedeným hořákem pro ohřívání výrobního prostoru zpravidla do tvaru plochého vějíře, a druhý oddělený průchod v uvedeném hořákovém kameni umístěný pod ním a stejně se rozšiřující jako první průchod, přičemž druhý průchod končí v druhém konci uvedeného předspalovacího prostoru s tryskou a má přímo oxidovat tekutinu vespod a obvykle paralelně s plamenem, v y z n a č u j í c í s e t í m, že zahrnuje:

první prostředky pro zavádění vzduchu nebo kyslíkem obohaceného vzduchu uvedeným hořákem do uvedeného předspalovacího prostoru namísto plamene a

druhé prostředky pro zavádění paliva do druhého odděleného průchodu v uvedeném předspalovacím prostoru namísto oxidační tekutiny, přičemž uvedený spalovací systém

může pokračovat v ohřevu výrobního prostoru i v případě, že přívod kyslíku je přerušen nebo snížen.

9. Systém podle nároku 8, v y z n a č u j í c í s e t í m, že uvedený předspalovací prostor má délku mezi 4 a 18 palci.

10. Systém podle nároku 8, v y z n a č u j í c í s e t í m, že první a druhý kanál mají na druhém konci uvedené předspalovací komory poměr šířky k výšce mezi 5 a 30.

11. Systém podle nároku 10, v y z n a č u j í c í s e t í m, že stěny vymezující šířku uvedeného prvního a druhého kanálu uvedené předspalovací komory svírají úhel mezi -15° a $+30^{\circ}$ na obou stranách svislé centrální roviny procházející předspalovací komorou.

12. Systém podle nároku 11, v y z n a č u j í c í s e t í m, že uvedený úhel je mezi 0° a $+15^{\circ}$ na obou stranách uvedené svislé roviny.

13. Systém podle nároku 8, v y z n a č u j í c í s e t í m, že zahrnuje prostředky pro zavádění kyslíku do uvedeného paliva v uvedené předspalovací komoře.

14. Systém podle nároku 8, v y z n a č u j í c í s e t í m, že se užívá k ohřevu spolu s prostředky pro chlazení spalin vodou opouštějících při provozu uvedeného hořáku uvedenou pec.

15. Způsob zachování ohřevu pece na zvýšenou teplotu za použití směsi paliva s kyslíkem, v y z n a č u j í c í s e t í m, že plamen z paliva s oxidantem se do uvedené pece zavádí i když je přívod kyslíku pro uvedený plamen znemožněn

nebo ukončen, a který zahrnuje stupně:

zavádění proudu vzduchu nebo kyslíkem obohaceného vzduchu do uvedené pece a

zavádění odděleného proudu uvedeného paliva do uvedené pece za účelem spalování a udržování teploty v uvedené peci.

16. Způsob podle nároku 15, v y z n a č u j í c í s e t í m, že uvedená pec je pec na tavení skla s rozložením tepla udržovaným v uvedené peci spalováním paliva se vzduchem s výjimkou hořáků v blízkosti tepelného maxima uvedené pece, kde se používá spalování vzduchem obohaceným kyslíkem.

17. Způsob podle nároku 15, v y z n a č u j í c í s e t í m, že zahrnuje náhradu uvedeného plamene z paliva s kyslíkem vzduchem zaváděným průtokovou rychlostí 12,6x větší než je průtoková rychlost paliva s kyslíkem nebo kyslíku, když se spaluje jen palivo s kyslíkem.

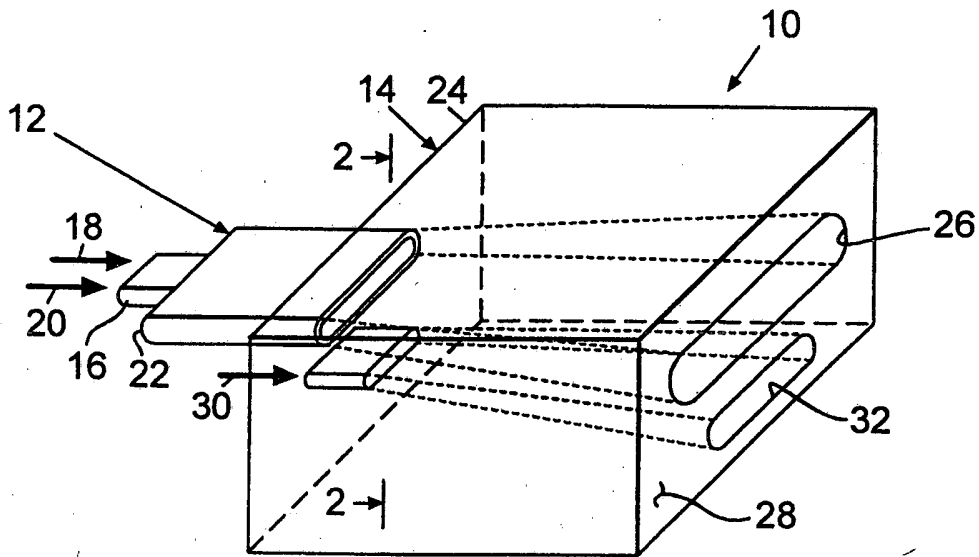
18. Způsob podle nároku 15, v y z n a č u j í c í s e t í m, že výtoková rychlost uvedeného vzduchu nebo vzduchu obohaceného kyslíkem na výstupu z hořáku použitého pro zavádění uvedeného vzduchu nebo vzduchu obohaceného kyslíkem do uvedené pece je menší než 250 stop/s.

19. Způsob podle nároku 15, v y z n a č u j í c í s e t í m, že zahrnuje stupně zavádění kyslíku s uvedeným palivem pro zvýšení přenosu sálavého tepla na vsázku zahřívanou v peci.

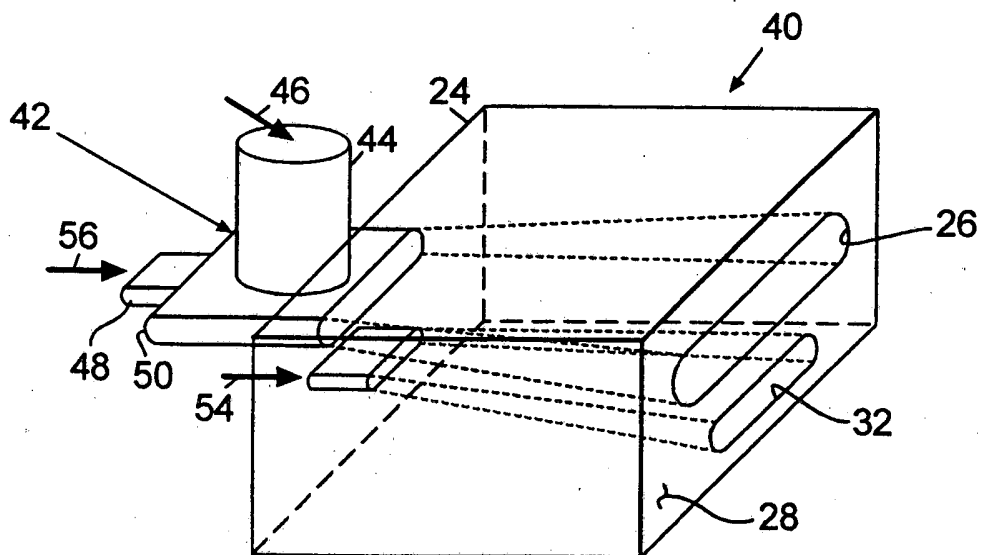
20. Způsob podle nároku 15, v y z n a č u j í c í s e t í m, že zahrnuje stupeň chlazení spalin odtahovaných z pece kapalnou vodou pro snížení objemu uvedených spalin ve srovnání s chlazením uvedených spalin vzduchem.

17:10:00

2000-3897

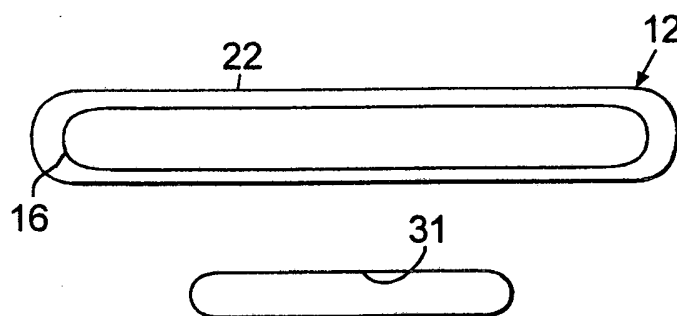


OBR. 1

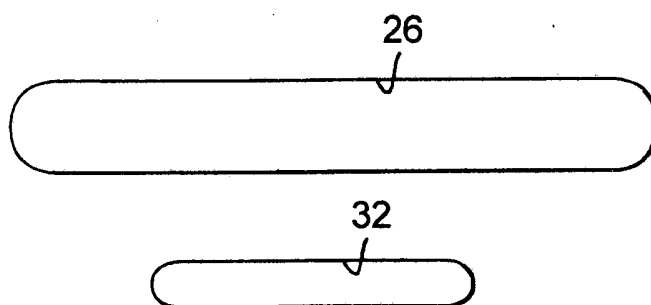


OBR. 3

17:10:00

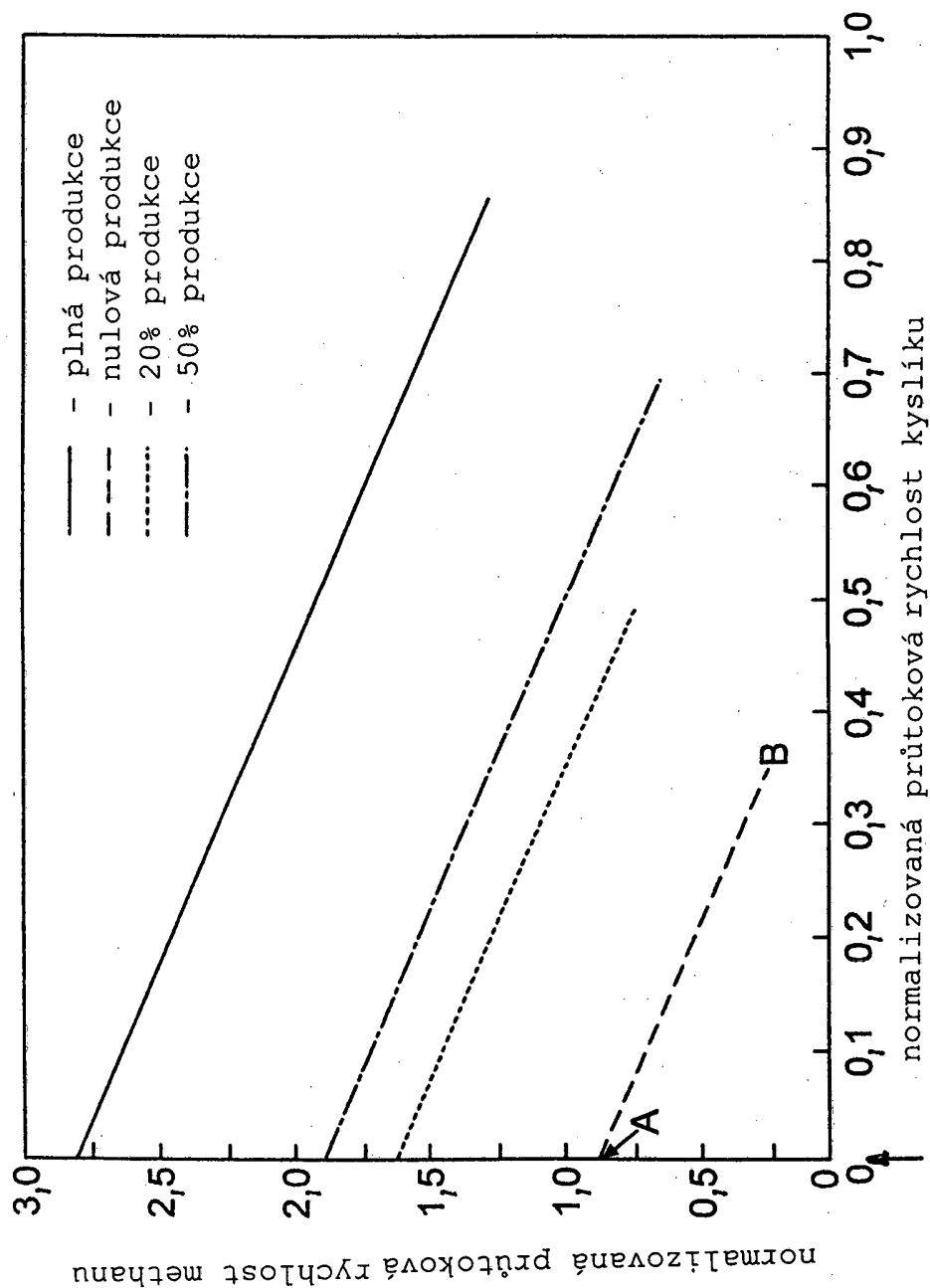


OBR. 2



OBR. 4

Průtoková rychlost methanu proti průtokové rychlosti kyslíku



Palivo

se vzduchem

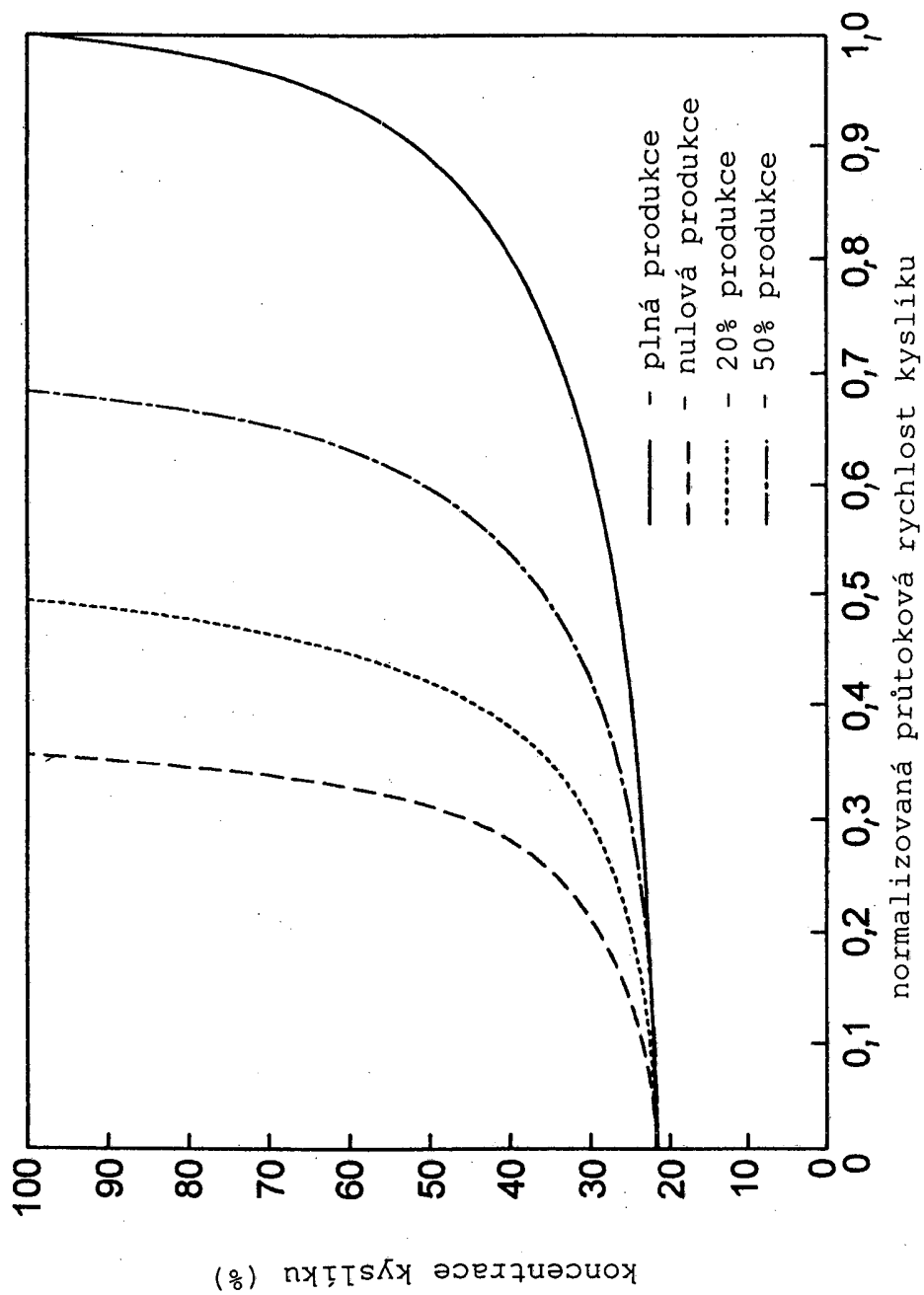
OBR. 5

normalizováno v podmínkách
plného ohřevu směsí
palivo-kyslík
za plné produkce

17.10.00

2000-3897

Koncentrace kyslíku proti normalizované průtokové rychlosti kyslíku



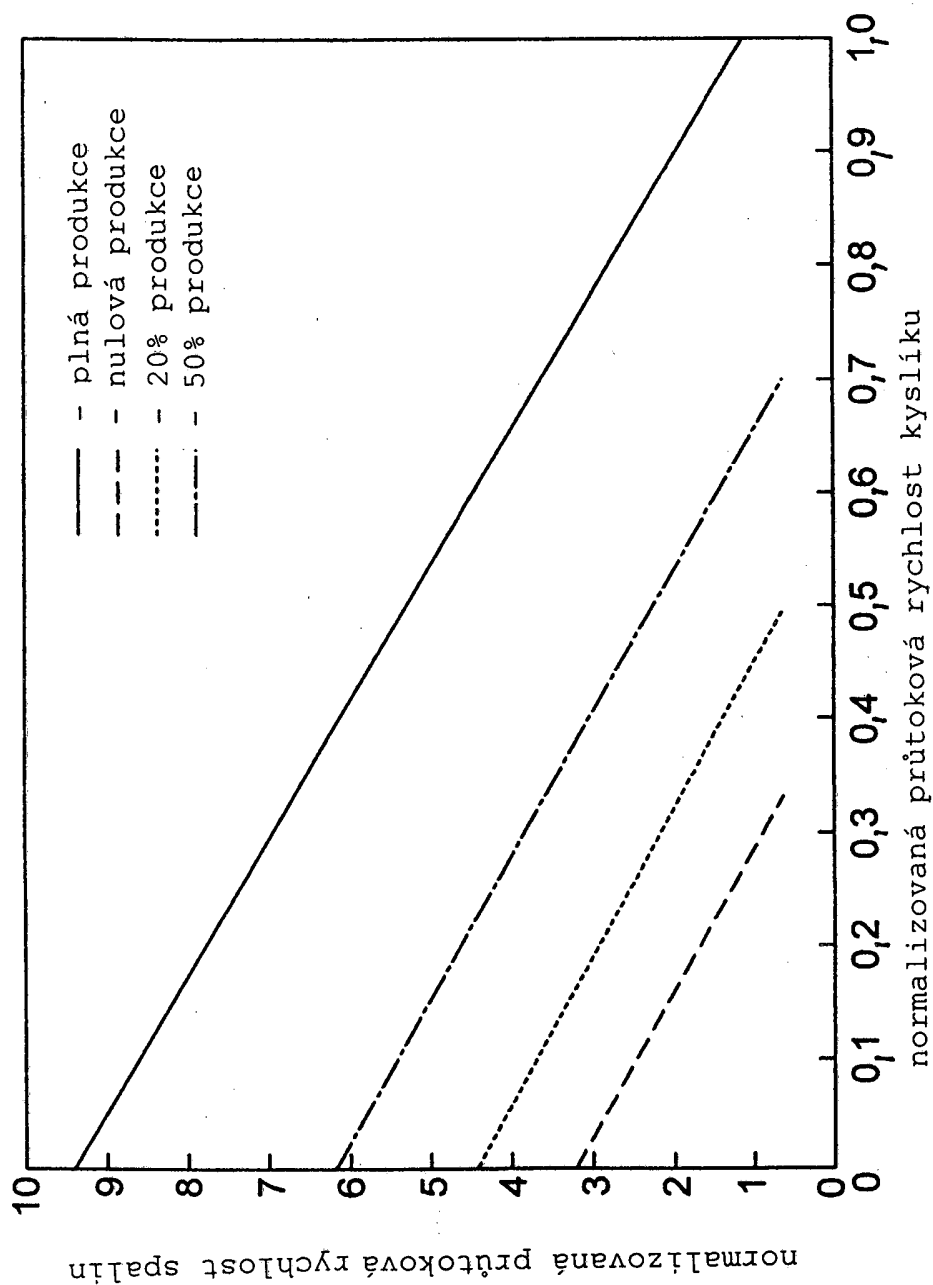
OBR.6

17.10.00

2000-3897

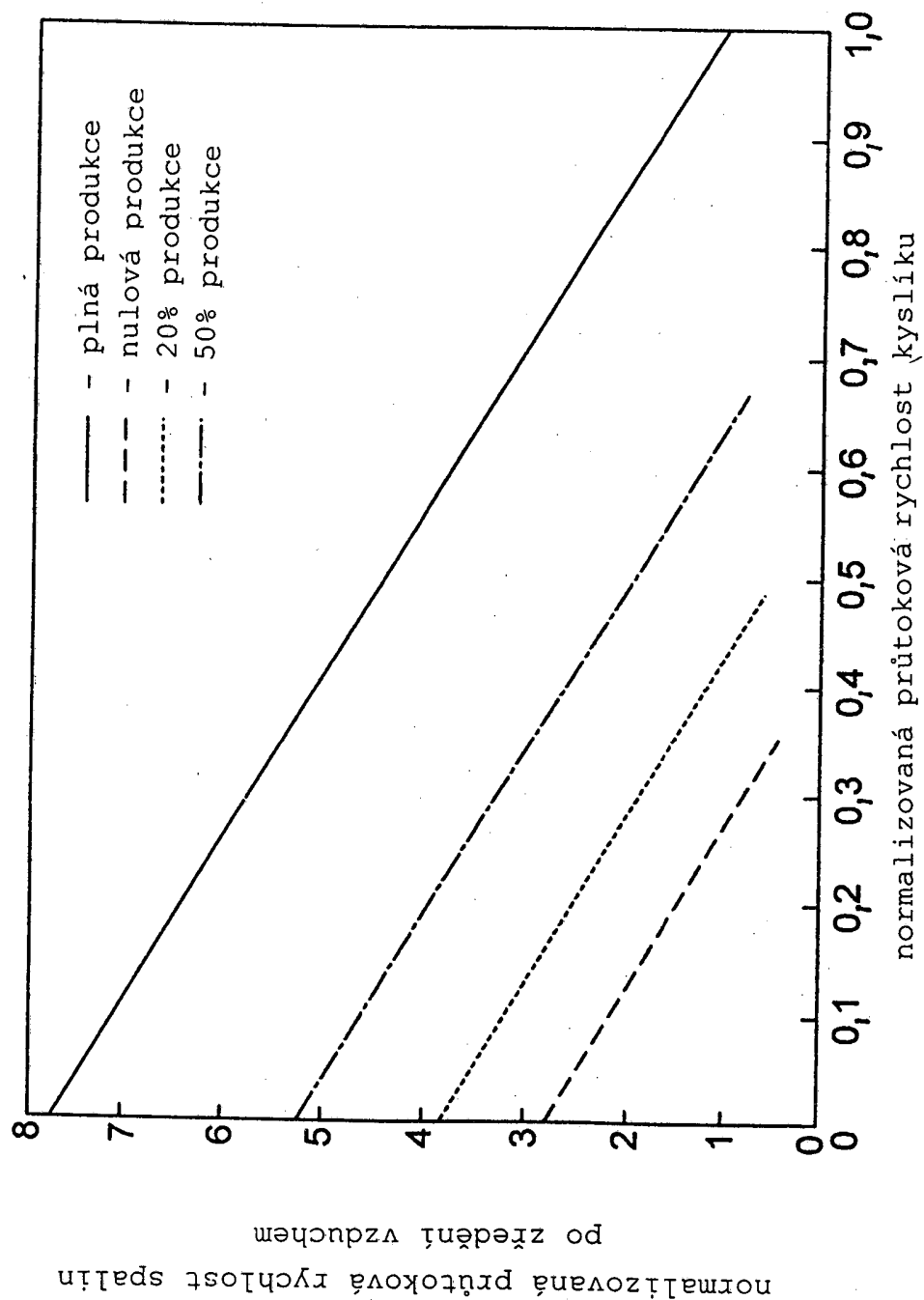
17.10.00

průtoková rychlost spalin proti průtokové rychlosti kyslíku

**OBR. 7**

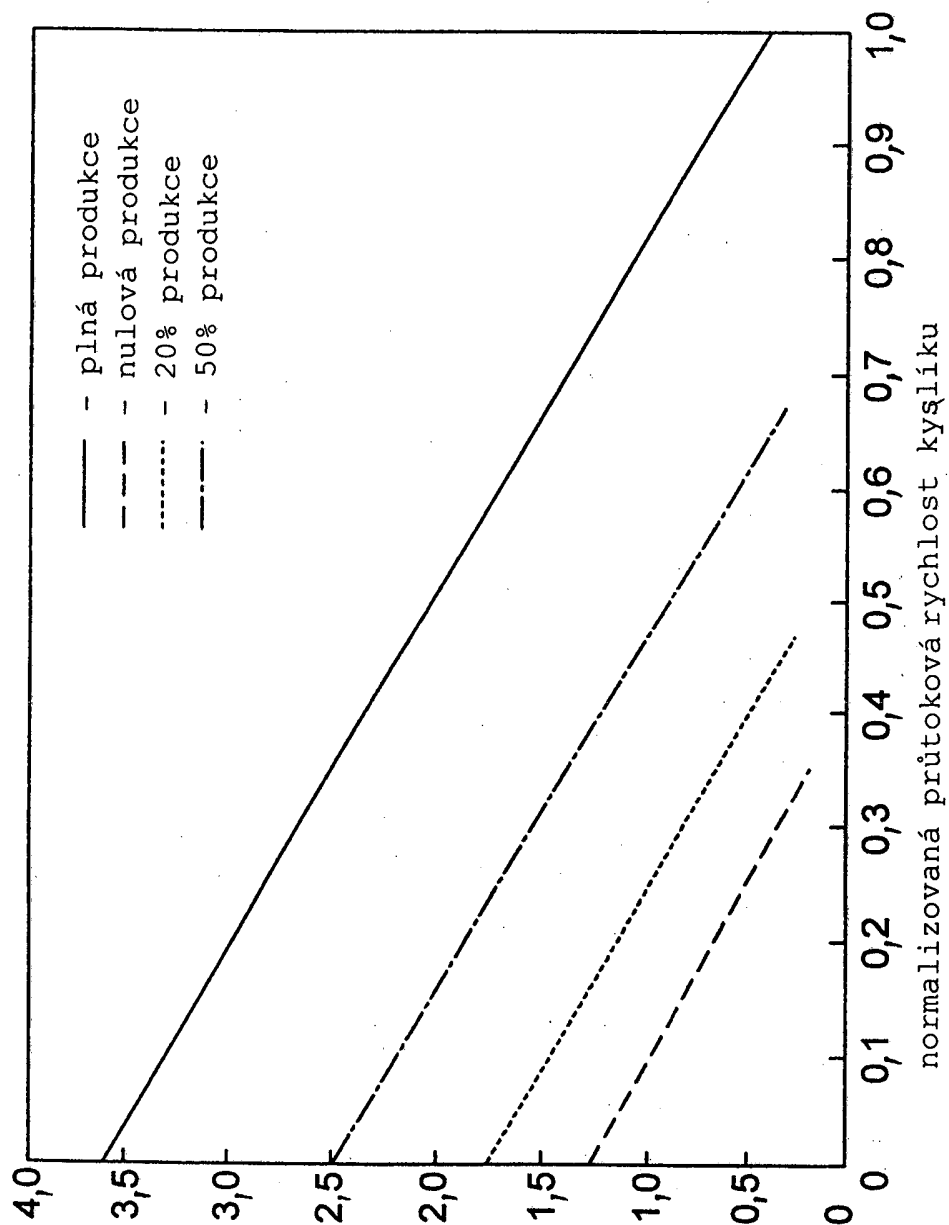
17.10.00

Průtoková rychlost spalin po zředění vzduchem proti průtokové rychlosti kyslíku



OBR. 8

Normalizovaná průtoková rychlost spalín po zředění vodou
 proti normalizované průtokové rychlosti kyslíku



OBR. 9