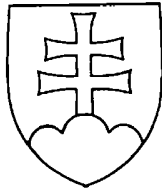


SLOVENSKÁ REPUBLIKA

(19)

SK



ÚRAD  
PRIEMYSELNÉHO  
VLASTNÍCTVA  
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

ZVEREJNENÁ  
PATENTOVÁ PRIHLÁŠKA

- (22) Dátum podania prihlášky: 27. 6. 2001  
(31) Číslo prioritnej prihlášky: A 1110/2000  
(32) Dátum podania prioritnej prihlášky: 28. 6. 2000  
(33) Krajina alebo regionálna organizácia priority: AT  
(40) Dátum zverejnenia prihlášky: 2. 5. 2003  
Vestník ÚPV SR č.: 5/2003  
(62) Číslo pôvodnej prihlášky v prípade vylúčenej prihlášky:  
(86) Číslo podania medzinárodnej prihlášky podľa PCT: PCT/AT01/00209  
(87) Číslo zverejnenia medzinárodnej prihlášky podľa PCT: WO02/00945

(11), (21) Číslo dokumentu:

1819-2002

(13) Druh dokumentu: A3

(51) Int. Cl. 7 :

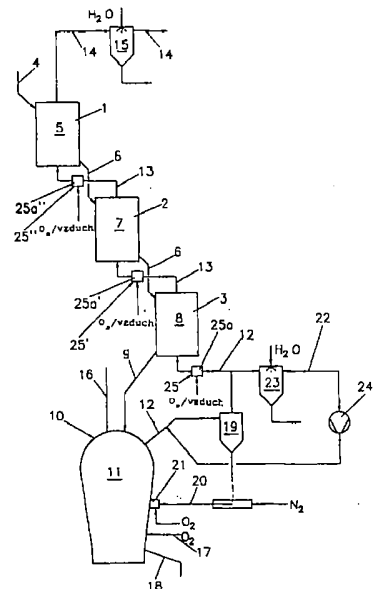
C21B 13/00,  
C21B 13/14

- (71) Prihlasovateľ: VOEST-ALPINE INDUSTRIEANLAGENBAU GMBH & CO., Linz, AT;  
POHANG IRON & STEEL CO., LTD., Pohang City, Kyong Sang, Book-Do, KR;  
RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SCIENCE & TECHNOLOGY, INCORPORATED  
FOUNDATION, Pohang City, Kyong Sang, Book-Do, KR;
- (72) Pôvodca: Kepplinger Leopold Werner, Leonding, AT;  
Hauzenberger Franz, Linz, AT;  
Schenk Johannes, Linz, AT;  
Joo Sanghoon, Pohang City, KR;
- (74) Zástupca: Tomeš Pavol, Ing., Bratislava, SK;

(54) Názov Spôsob a zariadenie na nepriamu redukciu zrnitých rúd obsahujúcich oxid

(57) Anotácia:

Opisuje sa spôsob nepriamej redukcie zrnitých rúd obsahujúcich oxid, najmä oxid železa obsahujúcej suroviny, fluidizačným postupom pri tlaku < 5 bar sa ruda ohrieva a prípadne sa tiež predbežne redukuje pomocou z uhlia vyrobeného redukčného plynu v ako predhrievací stupeň (5) vytvorenom reaktore (1) s fluidnou vrstvou a následne sa redukuje v aspoň jednom ako redukčný stupeň (7, 8) vytvorenom reaktore (2, 3) s fluidnou vrstvou na železnú hubu. Redukčný plyn sa vedie pomocou prívodu (12) redukčného plynu, prípadne pomocou vedenia (13) redukčného plynu v smere proti od predhrievacieho stupňa (5) k redukčnému stupňu (7, 8) vedenej redukovanej suroviny, z redukčného stupňa (7, 8) k predhrievaciemu stupňu (5) a po čistení sa odoberá ako exportný plyn. Redukčný plyn privádzaný do redukčného stupňa (7, 8) a/alebo do predhrievacieho stupňa (5) sa ohrieva spaľovaním časti redukčného plynu, určeného na redukciu plynu v redukčnom stupni (7, 8) a/alebo v predhrievacom stupni (5), s kyslíkom a/alebo vzduchom.



## SPÔSOB A ZARIADENIE NA NEPRIAMU REDUKCIU ZRNITÝCH RÚD OBSAHUJÚCICH OXID

### Oblasť techniky

Vynález sa týka spôsobu nepriamej redukcie zrnitých rúd obsahujúcich oxid železa, najmä oxid železa obsahujúcej suroviny, fluidizačným postupom pri tlaku  $\leq 5$  bar, pričom sa ruda ohrieva a prípadne sa tiež predbežne redukuje pomocou z uhlia vyrobeného redukčného plynu v ako predhrievací stupeň vytvorenom reaktore s fluidnou vrstvou, následne sa redukuje v aspoň jednom ako redukčný stupeň vytvorenom reaktore s fluidnou vrstvou na železnú hubu, pričom redukčný plyn sa vedie pomocou prívodu redukčného plynu, prípadne pomocou vedenia redukčného plynu v smere proti od predhrievacieho stupňa k redukčnému stupňu vedenej redukovanej surovine z redukčného stupňa k predhrievaciemu stupňu a po čistení sa odoberá ako exportný plyn. Vynález sa ďalej týka zariadenia na uskutočnenie spôsobu.

### Doterajší stav techniky

Redukcia zrnitej rudy obsahujúcej oxid nastáva vo viacerých za sebou zaradených reaktoroch s fluidnou vrstvou, pričom redukčný plyn sa vedie v protiprúde vzhľadom na rudu od jedného k druhému reaktoru, dochádza k stupňovitému ohrevu suroviny pri súčasnom poklese entalpie redukčného plynu, čo je sčasti tiež ovplyvnené prebiehajúcou reakciou pri redukcii. Toto môže viesť za podmienok v jednotlivých reakčných stupňoch z hľadiska suroviny k tak nízkym teplotám, že sa kineticky a termodynamicky zabraňuje reakcii medzi redukčným plynom a rudou obsahujúcou oxid, to znamená redukcia rudy nenastáva v priebehu pobytu v redukčnom reaktore až do požadovaného stupňa.

Pri spôsobe vpredu uvedeného typu, známeho z AT 402 937 B, sa surovina obsahujúca oxid železa redukuje v štyroch sériovo za sebou zaradených redukčných zónach s fluidnou vrstvou. Aby bola vo všetkých

redukčných zónach s fluidnou vrstvou nastavená rovnako vysoká konštantná teplota, privádza sa práve vytvorený redukčný plyn sčasti do redukčných zón s fluidnou vrstvou nasledujúcich v smere prúdenia redukčného plynu za prvou redukčnou zónou s fluidnou vrstvou prídavne k redukčnému plynu prúdiacemu v sérii zaradenými redukčnými zónami s fluidnou vrstvou, takže sú redukčné zóny s fluidnou vrstvou zaradené z hľadiska vedenia redukčného plynu ako v sérii, tak i paralelne. Prídavne privádzaný, práve vytvorený redukčný plyn sa pritom do jednotlivých redukčných zón s fluidnou vrstvou privádza prednostne v množstve 5 až 15 %.

Pritom je však nevýhodné, že predredukčné stupne až k predhrievaciemu stupňu musia byť dimenzované na neustále sa zvyšujúce množstvo plynu, pretože v každom stupni nasledujúcom za konečným redukčným stupňom pristupuje k redukčnému plynu opúšťajúcemu predchádzajúci stupeň prídavne čerstvý redukčný plyn. Ak sa ďalej vychádza z toho, že v koncovej redukčnej zóne je každopádne potreba k úplnej redukcii použitej suroviny stanovené množstvo redukčného plynu, nezávisle od toho, či je k dispozícii prídavné paralelné vedenie redukčného plynu, alebo nie, vykazuje uskutočnenie podľa AT 402 937 B celkovo vyššiu spotrebu redukčného plynu.

Vo WO 97/13880 A a WO 97/13878 je opísaný spôsob, pri ktorom sa časť redukčného plynu prúdiaceho z koncového redukčného stupňa do predredukčného stupňa odkloní, perie sa, čistí sa od CO<sub>2</sub>, ako sa i ohrieva a následne sa vedie späť do koncového redukčného stupňa. V predhrievacom stupni sa spaľuje kyslík s časťou redukčného plynu zavedeného do tohto stupňa na zvýšenie jeho teploty.

Podľa WO 97/13880 A a WO 97/13878 A sa pomocou spätného vedenia plynu, prípadne jeho čiastkovým spaľovaním, riadia len teploty v reaktoroch s fluidnou vrstvou, priradených ku koncovému redukčnému stupňu a k predhrievaciemu stupňu. Reaktory ležiace medzi týmito obidvoma stupňami sú

naproti tomu od podmienok v koncovom redukčnom reaktore s fluidnou vrstvou nezávislé.

Z JP 58-34114 A je známy spôsob redukcie jemnozrnej železnej rudy, pri ktorom sa redukčný plyn pre koncový redukčný stupeň vyrobí rozkladom a reformovaním uhľovodíka pomocou z koncovej redukčnej zóny odvedeného oxidačného odpadového plynu, pričom sa železná ruda predredukuje v prvom stupni pomocou uhlíka vylúčeného z uhľovodíka. Na zaistenie na výrobu redukčného plynu potrebnej energie sa oxidačný odpadový plyn pred uvedením do kontaktu s uhľovodíkom ohrieva.

V US 3,985,547 A je opísaný spôsob redukcie železnej rudy v reaktore s niekoľkými fluidnými lôžkami, pri ktorom sa čerstvý redukčný plyn vyrába podstechiometrickým spaľovaním metánu a kyslíka v horáku priradenom reaktoru, ktorý je svojim výstupným otvorom umiestnený medzi najspodnejším fluidným lôžkom a nad ním ležiacim fluidným lôžkom. Z najhornejšieho fluidného lôžka vystupujúci použitý redukčný plyn sa čistí, zbavuje sa vody a CO<sub>2</sub> a v ohriatom stave sa privádza ako regenerovaný redukčný plyn do najspodnejšieho fluidného lôžka.

### **Podstata vynálezu**

Vynález spočíva v úlohe vytvoriť pri spôsobe vyššie uvedeného typu možnosť nezávislého zvyšovania teploty v jednotlivých redukčných stupňoch, bez toho, aby sa muselo podstatne zvýšiť množstvo redukčného plynu alebo sú potrebné zväčšené rozmery súčasťou zariadenia. Cieľom vynálezu je nastavenie teploty v každom jednotlivom fluidnom lôžku redukčného stupňa a nastavenie optimálneho pomeru teplôt suroviny a plynu, ako aj kvality plynu pomocou fluidných lôžok v jednotlivých stupňoch.

Táto úloha sa podľa vynálezu vyrieši tým, že sa redukčný plyn privádzaný do redukčného stupňa a/alebo do predhrievacieho stupňa ohrieva, a to spaľovaním časti redukčného plynu určeného na redukciiu plynu v

redukčnom stupni a/alebo v predhrievacom stupni, s kyslíkom a/alebo vzduchom. Čiastočné spaľovanie redukčného plynu predstavuje efektívne zvýšenie entalpie a má výhodu, že nie je potrebné podstatné zvýšenie množstva plynu.

Ďalej sa táto úloha vyrieši tým, že sa redukčný plyn ohrieva spaľovaním časti exportného plynu spoločne s kyslíkom a/alebo vzduchom.

Ďalšia možnosť riešenia úlohy podľa vynálezu spočíva v tom, že sa spaľuje časť ochladzovacieho plynu, používaného na ochladzovanie do koncového redukčného stupňa zavedeného redukčného plynu, spoločne s kyslíkom a/alebo vzduchom, čím sa ohrieva redukčný plyn privádzaný do redukčného stupňa, prípadne do predhrievacieho stupňa.

Prídavok kyslíka k redukčnému plynu umožňuje individuálne rozdeľovanie energie do jednotlivých reaktorov, takže napríklad pri troch reaktoroch s fluidným lôžkom by mohla byť vstupná teplota redukčného plynu pri prídavku kyslíka alebo vzduchu ku všetkým trom reaktorom nasledujúca: 920 °C (1. reaktor), 890 °C (2. reaktor) 900 °C (3. reaktor). Aby prídavok kyslíka alebo vzduchu nastal len pred reaktorom s fluidným lôžkom, priradeným predhrievaciemu stupňu (3. reaktor) a koncovému redukčnému stupňu (1. reaktor), musia sa výstupné teploty, aby sa docielil rovnaký redukčný výsledok, zmeniť na 920 °C/750 °C/1140 °C, čo povedie ku zvýšenému tepelnému zaťaženiu 3. reaktora a rudy vsadenej do 3. reaktora. Tomuto problému sa zabraňuje spôsobom podľa vynálezu.

Zvýšením teploty reakčného plynu podľa vynálezu sú v plynnej fáze tak termodynamicky, ako aj kinematicky prednostné autoreformné reakcie, pričom ako katalyzátor prípadne pôsobí v redukčnom plyne prítomný prach. Pri týchto autoreformných reakciách dochádza k reakcii metánu s oxidom uhličitým, prípadne vodnej pary na oxid uhoľnatý alebo vodík. Na základe tejto in-situ generácie redukovaných komponentov sa zlepšuje analýza redukčného plynu a tým sa tiež termodynamicky zlepšuje redukcia rudy.

Prednostne sa spáliteľná časť redukčného plynu, exportného plynu alebo ochladzovacieho plynu pred spálením podrobí praniu, čím sa zabráni veľmi veľkým teplotám lokálne vznikajúcim spaľovaním prachom znečisteného plynu, ktoré môžu viesť pomocou Boudoardovej reakcie k taveniu prachu.

Na spaľovanie redukčného plynu potrebný kyslík, prípadne vzduch sa výhodne privádza pomocou prírodných rúrok („lanz“), ktoré súčasne slúžia ako horáky, do prívodu redukčného plynu alebo vedenia redukčného plynu, ktoré dopravujú redukčný plyn do prvej redukčnej zóny s fluidnou vrstvou, prípadne z prvej redukčnej zóny s fluidnou vrstvou do nasledujúcej redukčnej zóny. Týmto uskutočnením sa udržia veľmi malé náklady na zariadenie.

Iná možnosť nastavenia teploty v redukčných stupňoch s fluidnou vrstvou spočíva v tom, že sa redukčný plyn ohrieva teplom zo spaľovania externého výhrevného plynu a/alebo pevných a/alebo tekutých palív s kyslíkom a/alebo vzduchom.

Podľa prednostnej podoby uskutočnenia sa výhrevný plyn alebo pevné a/alebo tekuté palivá spaľujú v horáku umiestnenom v prívode redukčného plynu, prípadne vo vedení redukčného plynu. Vedenie môže mať prednostne v tejto oblasti zosilnenie.

Podľa prednostnej podoby uskutočnenia sa výhrevný plyn alebo pevné a/alebo tekuté palivo spaľujú v spaľovacej komore oddelenej od prívodu redukčného plynu, respektíve od vedenia redukčného plynu, pričom spaliny a taktiež nespálené látky sa následne vedú do prívodu redukčného plynu, prípadne do vedenia redukčného plynu. Tým sa zrovnomernia prípadné vznikajúce teplé fronty spaľovania pred tým, ako sa dostanú do kontaktu s prachom znečisteným redukčným plynom a taktiež než spôsobia natavenie prachu vo vedeniach.

Výhodne sa výhrevný plyn alebo pevné a/alebo tekuté palivo spaľuje spoločne s kyslíkom a/alebo vzduchom pomocou aspoň jedného horáka, ktorý

je umiestnený v redukčnom reaktore s fluidnou vrstvou. Spaliny sa pritom zavádzajú priamo do reaktora s fluidnou vrstvou.

Podľa ďalšej výhodnej podoby uskutočnenia sa len kyslík a/alebo plyn privádza cez horák, prednostne privodnú rúrku, do reaktora s fluidnou vrstvou a tu sa priamo spaľuje redukčný plyn.

Pritom môže byť účelné umiestniť horák buď pod v reaktore vytvorené fluidné lôžko, vo výške fluidného lôžka alebo nad ním, čím sa môže redukčný plyn ohrievať mimoriadne cielene a najmä efektívne.

Obidve naposledy uvádzané alternatívy sú najmä výhodné, pretože je pri nich malé tepelné zaťaženie rozdeľovacieho poschodia a zabraňuje sa alebo sa aspoň znižuje zanášanie dýz alebo otvorov rozdeľovacieho poschodia pevnými látkami.

Podľa prednostnej podoby uskutočnenia spôsobu podľa vynálezu sa na spaľovanie doplnkovo používa redukčný plyn a/alebo exportný plyn a/alebo ochladzovací plyn a/alebo externý vyhrievací plyn a/alebo pevné a/alebo tekuté a/alebo plynné palivo na uhľovodíkovej báze. Táto podoba uskutočnenia sa javí ako zvlášť výhodná, keď je niektoré palivo z vyššie uvedenej skupiny k dispozícii vo zvyšku alebo redukčný plyn, exportný plyn, prípadne ochladzovací plyn sú z prevážnej časti potrebné na iný cieľ a nie sú k dispozícii v dostatočnom množstve.

K redukčnému plynu privádzanom do redukčného stupňa a/alebo do predhrievacieho stupňa sa výhodne primieša látka zvyšujúca aspoň čiastočnú reakciu s redukčným plynom redukujúcom podiel redukčného plynu, najmä zemný plyn a/alebo uhlie. Tým sa zabráni fenoménu „sticking“ (visenie, uviaznutie, zasadnutie) brániacemu redukčnému procesu. Príčinou toho sú ihličkovité zrazeniny železa na povrchu jemných častíc, ktoré vznikajú pri vysokých teplotách a nízkom redukčnom potenciáli. Reakcia látok môže prebehnúť tiež v horáku.

Prívod prídavných palív umožňuje pozitívne ovplyvnenie nastavenia teploty, oxidačného stupňa redukčného plynu a taktiež zvýšenie celkového množstva.

Ďalej vynález spočíva v spôsobe, pri ktorom sa k redukčnému plynu privádzanému do redukčného stupňa a/alebo do predhrievacieho stupňa primieša látka zvyšujúca aspoň čiastočnú reakciu s redukčným plynom redukujúcim podiel redukčného plynu, najmä zemný plyn a/alebo uhlie, pričom nedochádza k spaľovaniu.

Výhody tohto vynálezu spočívajú vo vyššie uvedenom zabránení „stickingu“.

### **Prehľad obrázkov na výkresoch**

Vynález je v nasledujúcom bližšie objasnený pomocou výkresov, pričom obr. 1 až 3, ako aj obr. 9 znázorňujú v schematickom zobrazení príklad uskutočnenia spôsobu podľa vynálezu v blokovej schéme, obr. 4 a 5 prednostný príklad uskutočnenia spôsobu znázorneného v blokovej schéme na obr. 2 a 6 a obr. 6 až 8 zväčšený detail prednostného príkladu uskutočnenia.

### **Príklady uskutočnenia vynálezu**

Obr. 1 znázorňuje tri v sérii za sebou zaradené reaktory 1 až 3 s fluidnou vrstvou, pričom surovina obsahujúca oxid železa, ako prachová ruda, sa privádza cez vedenie 4 rudy do prvého reaktora 1 s fluidnou vrstvou, v ktorom nastáva v predhrievacom stupni 5 predhrev a prípadne predredukcia prachovej rudy a následne sa z prvého reaktora 1 s fluidnou vrstvou vedie dopravným vedením 6 do nasledujúcich reaktorov 2, 3 s fluidnou vrstvou. V druhom reaktore 2 s fluidnou vrstvou nastáva v predredukčnom stupni 7 predredukcia a v treťom reaktore 3 s fluidnou vrstvou v koncovom redukčnom stupni 8 záverečná redukcia prachovej rudy na železnú hubu.

Redukovaná surovina, teda železná huba, sa vedie druhým dopravným vedením 9 do natavovacieho odparníka 10. V natavovacom odparníku 10 sa v natavovacej odparnej zóne 11 vyrobí z uhlia a kyslík obsahujúceho plynu redukčný plyn obsahujúci CO a H<sub>2</sub>, ktorý sa prívodom 12 redukčného plynu vedie do tretieho reaktora 3 s fluidnou vrstvou, umiestneného na koniec v smere dopravy prachovej rudy. Fluidizácia sa uskutočňuje pri tlaku  $\leq 5$  bar. Redukčný plyn sa dopravuje v protiprúde ku smeru dopravy rudy z tretieho reaktora 3 s fluidnou vrstvou do reaktorov 2, 1 s fluidnou vrstvou a to pomocou vedenia 13 redukčného plynu, z prvého reaktora 1 s fluidnou vrstvou sa prostredníctvom odvodu 14 exportného plynu odvádza exportný plyn a následne sa chladí a perie v mokrej práčke 15.

Natavovací odparník 10 má vedenie 16 na pevný nosič uhlíka, prívod 17 na kyslík obsahujúci plyny, ako prípadne tiež prívody na pri teplote miestnosti tekuté alebo plynné nositele uhlíka, ako uhľovodíky, ako aj pre spáliteľné prísady. V natavovacom odparníku 10 sa pod natavovacou odparnou zónou 11 zhromažďuje roztavené surové železo, prípadne roztavená oceľ a roztavená troska, ktoré sa odpichujú odpichom 18.

V prívode 12 redukčného plynu, ktorý vystupuje z natavovacieho odparníka 10 a ústi do tretieho reaktora 3 s fluidnou vrstvou, je umiestnené odprachovacie zariadenie 19, ako odstredivka teplého vzduchu, pričom prachové častice separované v tejto odstredivke sa privádzajú pomocou spätného vedenia 20 s dusíkom ako dopravným médiom cez horák 21 za vháňania kyslíka do natavovacieho odparníka 10.

Z prívodu 12 redukčného plynu vychádza spätné vedenie 22 plynu, ktoré vedie časť redukčného plynu cez práčku 23 a kompresor 24 späť do prívodu 12 redukčného plynu, a to pred odprachovacím zariadením 19, čím sa umožňuje nastavenie teploty plynu.

Vo vedení 13 redukčného plynu, prípadne v prívode 12 redukčného plynu sú v smere prúdenia plynu pred reaktormi 1 až 3 s fluidnou vrstvou umiestnené horáky 25, 25' a 25'', ktorými sa na čiastočné spaľovanie

redukčného plynu privádza kyslík a/alebo vzduch, pričom horáky 25, 25', 25'' sú tvorené spaľovacou komorou 25a, 25'a, 25''a na zásobovanie vyhrievacím plynom a kyslíkom a/alebo vzduchom. Tieto horáky 25, 25' a 25'' môžu byť tiež vytvorené ako prívodné rúrky („lanzy“) privádzajúce kyslík a/alebo vzduch, pričom časť vedenia redukčného plynu funguje ako spaľovacia komora horáka 25. Za účelom prívodu kyslíka sa tiež môže použiť plyn obsahujúci kyslík. Spaľovanie a tým aj teplota redukčného plynu sa môžu individuálne podľa požiadaviek na jednotlivé redukčné stupne alebo predhrievací stupeň riadiť množstvom privádzaného kyslíka a/alebo privádzaného vzduchu, čím sa vytvoria termodynamicky priaznivé predpoklady na redukciu a sú priaznivé autoreformácie reakcií, ako sa aj zníži tepelné zaťaženia reaktorov 1, 2, 3 s fluidnou vrstvou.

Podľa variantu spôsobu, znázorneného na obr. 2 sa z odvodu 14 exportného plynu za mokrou práčkou 15 vetvou vedenia 26 exportného plynu, ktorá časť vyčisteného exportného plynu vedie cez druhý kompresor 27 paralelne k horákom 25, 25' a 25'', umiestnených vo vedeniach 13 redukčného plynu a v prívode 12 redukčného plynu, takže sa tu spaľuje spoločne s kyslíkom a/alebo vzduchom a redukčnému plynu sa odovzdáva potrebné teplo.

Spôsob podľa vynálezu znázornený na obr. 3 sa od variantu spôsobu znázorneného na obr. 1 líši tým, že sa ohrev redukčného plynu uskutočňuje spaľovaním časti ochladzovacieho plynu spoločne s kyslíkom a/alebo vzduchom a nielen spaľovaním redukčného plynu privádzaného k reaktorom 1 až 3 s fluidnou vrstvou. Za týmto cieľom sa zo spätného vedenia 22 plynu za práčkou 23 vetvou vedenia 28 ochladzovacieho plynu, ktorá paralelne dopravuje časť ochladzovacieho plynu cez tretí kompresor 29 k horákom 25, 25' a 25''.

Obr. 4 znázorňuje prednostnú podobu uskutočnenia variantu spôsobu znázornenú na obr. 2. Podľa neho ústi vedenie 26 exportného plynu do horákov 25, 25', 25'', tvorených spaľovacími komorami 25a, 25'a, 25''a, ktoré nie sú

na rozdiel od uskutočnenia na obr. 2 integrované do vedenia 13 redukčného plynu alebo prívodu 12 redukčného plynu.

Na obr. 5 je znázornená s obr. 4 analogická podoba uskutočnenie spôsobu znázorneného na obr. 3. Na spaľovanie stanovená časť ochladzovacieho plynu sa spaľuje spoločne s kyslíkom a/alebo vzduchom v separátnych spaľovacích komorách 25a, 25'a, 25'' a, ktoré tvoria horáky 25, 25' a 25'', potom sa vedie do vedenia 13 redukčný plyn alebo prívod 12 redukčného plynu.

Podľa prednostnej podoby uskutočnenia nastáva spaľovanie použitého výhrevného plynu (redukčného plynu, exportného plynu alebo ochladzovacieho plynu) spoločne s kyslíkom a/alebo vzduchom pomocou horáka priradeného reaktora 1 až 3 s fluidnou vrstvou.

Na obr. 6 schematicky znázornený reaktor 30 s fluidnou vrstvou má na tri zóny 34, 35, 36 rozčlenený vnútorný priestor 31, do ktorého dole ústi prívod 32 plynu a z ktorého hore ústi vedenie 33 odpadového plynu. Spodná zóna 34 je od strednej zóny 35 oddelená pomocou rozdeľovacieho poschodia 37, ktoré redukčný plyn prúdiaci vnútorným priestorom 31 reaktora 30 s fluidnou vrstvou zdola hore rovnomerne rozdeľuje po celom priereze reaktora 30 s fluidnou vrstvou a tým vytvára z častíc prachovej rudy jednotné fluidné lôžko. Hranica medzi strednou zónou 35, tvorenou fluidným lôžkom a hornou zónou 36, je menej ostrá ako medzi spodnou zónou 34 a strednou zónou 35. V hornej zóne 36 nastáva upokojenie expanznej rezervy, čo spôsobuje, že sa minimalizuje vynášanie častíc rudy z reaktora 30 s fluidnou vrstvou. V spodnej zóne 34 je pod rozdeľovacím poschodím 37 umiestnený ďalší horák 38, ku ktorému vedú neznázornené vedenia na kyslík a/alebo vzduch, ako aj vedenie na redukčný plyn, exportný plyn, ochladzovací plyn, externý vyhrievací plyn a/alebo pevné a/alebo tekuté palivá. Môže byť tiež vytvorené len vedenie na kyslík a/alebo vzduch, pričom spaľovanie reakčného plynu nastáva priamo v reaktore 30 s fluidnou vrstvou. Teplé spaliny ohrievajú redukčný plyn prúdiaci v reaktore 30 s fluidnou vrstvou, prípadne vedú k autoreformným reakciám. K redukčnému plynu sa výhodne môžu prostredníctvom ďalšieho horáka 38 primiešať tiež látky

zvyšujúce redukujúci podiel redukčného plynu, ako sú zemný plyn a/alebo uhlie.

V príklade uskutočnenia znázorneného na obr. 7 je ďalší horák 38 umiestnený vo fluidnom lôžku v strednej zóne 35. Táto podoba uskutočnenia je najmä výhodná vtedy, keď je redukčný plyn predovšetkým znečistený prachom, pretože pritom neexistuje nebezpečie, že je rozdeľovacie poschodie 37 zablokované nataveným prachom.

Obr. 8 znázorňuje prednostnú podobu uskutočnenia, pri ktorej je ďalší horák 38 umiestnený nad strednou zónou 35 v hornej zóne 36. Pritom nastáva prenos tepla pomocou vyžarovania a/alebo konvekciou pomocou častíc vynášaných z fluidného lôžka.

Varianta spôsobu znázornený na obr. 9 má v podstate všetky znaky zariadenia znázorneného na obr. 2. Na rozdiel od zariadenia podľa obr. 2 sa však k horákam 25, 25', 25'', umiestnených vo vedeniach 13 redukčného plynu alebo v prívode 12 redukčného plynu, neprivádza prostredníctvom vedenia 26 exportného plynu a druhým kompresorom 27 exportný plyn, ale sa k horákam 25, 25', 25'' pomocou vedenia 39 dopravuje externý vyhrievací plyn a/alebo pevné a/alebo tekuté palivo. Vynález nie je obmedzený na príklady uskutočnenia znázornené na výkresoch, ale môže byť z rôznych hľadísk modifikovaný. Napríklad je možné podľa požiadaviek voliť počet reaktorov s fluidnou vrstvou. Taktiež redukčný plyn sa môže vyrobiť rôznymi známymi postupmi.

## PATENTOVÉ NÁROKY

1. Spôsob nepriamej redukcie zrnitých rúd obsahujúcich oxid, najmä oxid železa obsahujúcej suroviny, fluidizačným postupom pri tlaku < 5 bar, pričom sa ruda ohrieva a prípadne sa tiež predbežne redukuje pomocou z uhlia vyrobeného redukčného plynu v ako predhrievací stupeň vytvorenom reaktore s fluidnou vrstvou, následne sa redukuje v aspoň jednom ako redukčný stupeň vytvorenom reaktore s fluidnou vrstvou na železnú hubu, pričom redukčný plyn sa vedie pomocou prívodu redukčného plynu, prípadne pomocou vedenia redukčného plynu v smere proti od predhrievacieho stupňa k redukčnému stupňu vedenej redukovanej surovine, z redukčného stupňa k predhrievaciemu stupňu a po čistení sa odoberá ako exportný plyn, **vyznačujúci sa tým**, že sa redukčný plyn privádzaný do redukčného stupňa (7,8) a/alebo do predhrievacieho stupňa (5) ohrieva spaľovaním časti redukčného plynu, určeného na redukcii plynu v redukčnom stupni (7,8) a/alebo v predhrievacom stupni (5), s kyslíkom a/alebo vzduchom.
2. Spôsob nepriamej redukcie zrnitých rúd obsahujúcich oxid, najmä oxid železa obsahujúcej suroviny, fluidizačným postupom pri tlaku < 5 bar, pričom sa ruda ohrieva a prípadne sa tiež predbežne redukuje pomocou z uhlia vyrobeného redukčného plynu v ako predhrievací stupeň vytvorenom reaktore s fluidnou vrstvou, následne sa redukuje v aspoň jednom ako redukčný stupeň vytvorenom reaktore s fluidnou vrstvou na železnú hubu, pričom redukčný plyn sa vedie pomocou prívodu redukčného plynu, prípadne pomocou vedenia redukčného plynu v smere proti od predhrievacieho stupňa k redukčnému stupňu vedenej redukovanej suroviny, z redukčného stupňa k predhrievaciemu stupňu a po čistení sa odoberá ako exportný plyn, **vyznačujúci sa tým**, že sa redukčný plyn privádzaný do redukčného stupňa (7,8) a/alebo do predhrievacieho stupňa (5) ohrieva spaľovaním časti exportného plynu spoločne s kyslíkom a/alebo vzduchom.

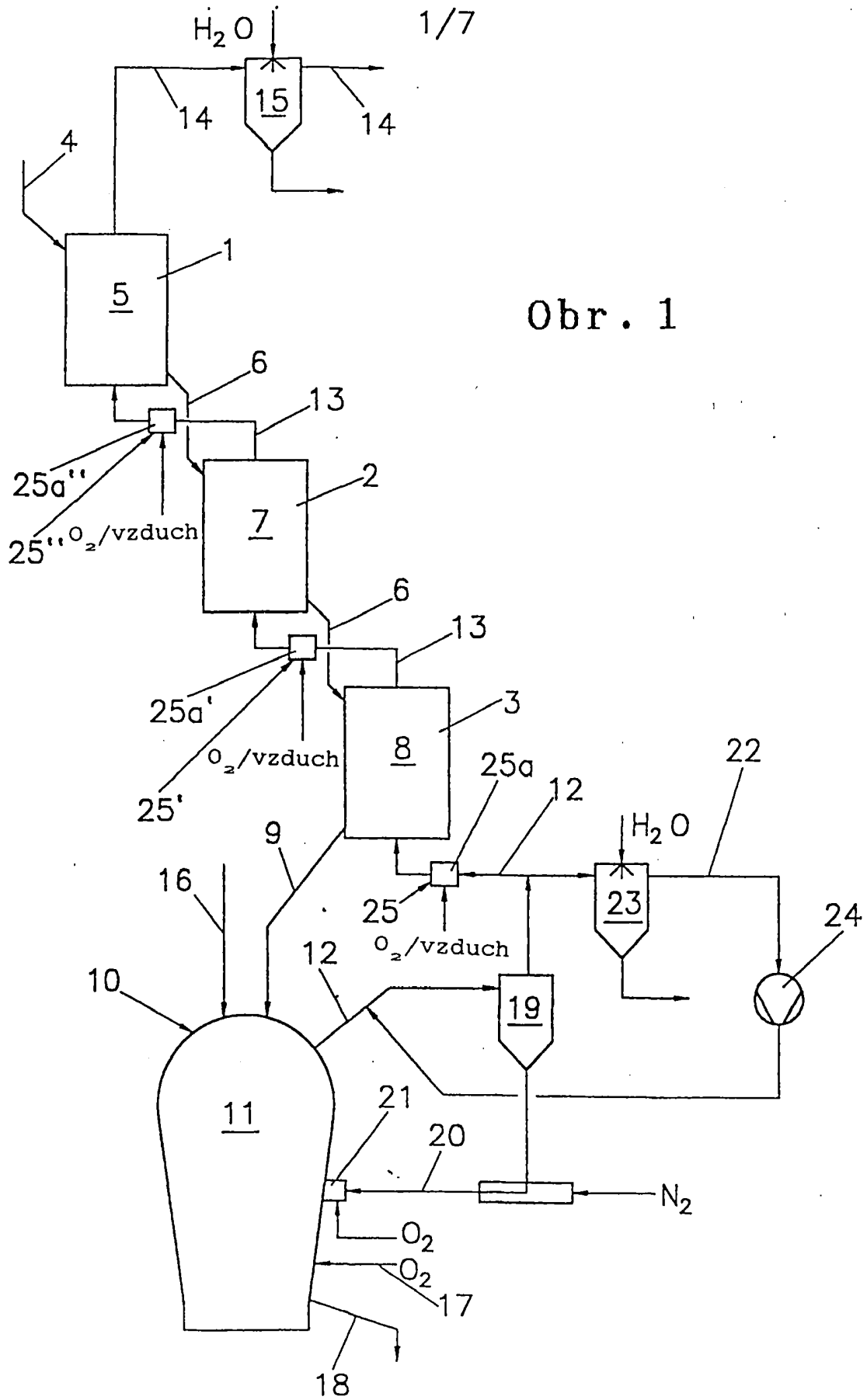
3. Spôsob nepriamej redukcie zrnitých rúd obsahujúcich oxid, najmä oxid železa obsahujúcej suroviny, fluidizačným postupom pri tlaku  $< 5$  bar, pričom sa ruda ohrieva a prípadne sa tiež predbežne redukuje pomocou z uhlia vyrobeného redukčného plynu v ako predhrievací stupeň vytvorenom reaktore s fluidnou vrstvou, následne sa redukuje v aspoň jednom, ako redukčný stupeň vytvorenom reaktore s fluidnou vrstvou na železnú hubu, pričom redukčný plyn sa vedie pomocou prívodu redukčného plynu, prípadne pomocou vedenia redukčného plynu v smere proti od predhrievacieho stupňa k redukčnému stupňu vedenej redukovanej suroviny, z redukčného stupňa k predhrievaciemu stupňu a po čistení sa odoberá ako exportný plyn, **vyznačujúci sa tým**, že sa redukčný plyn privádzaný do redukčného stupňa (7,8) a/alebo do predhrievacieho stupňa (5) ohrieva spaľovaním časti ochladzovacieho plynu, používaného na ochladzovanie do koncového redukčného stupňa (8) zavedeného redukčného plynu, spoločne s kyslíkom a/alebo vzduchom.
4. Spôsob podľa jedného z nárokov 1 až 3, **vyznačujúci sa tým**, že sa spaľovaná časť redukčného plynu, exportného plynu alebo ochladzovacieho plynu pred spaľovaním perie.
5. Spôsob nepriamej redukcie zrnitých rúd obsahujúcich oxid, najmä oxid železa obsahujúcej suroviny, fluidizačným postupom pri tlaku  $< 5$  bar, pričom sa ruda ohrieva a prípadne sa tiež predbežne redukuje pomocou z uhlia vyrobeného redukčného plynu v ako predhrievací stupeň vytvorenom reaktore s fluidnou vrstvou, následne sa redukuje v aspoň jednom ako redukčný stupeň vytvorenom reaktore s fluidnou vrstvou na železnú hubu, pričom redukčný plyn sa vedie pomocou prívodu redukčného plynu, prípadne pomocou vedenia redukčného plynu v smere proti od predhrievacieho stupňa k redukčnému stupňu vedenej redukovanej suroviny z redukčného stupňa k predhrievaciemu stupňu a po čistení sa odoberá ako exportný plyn, **vyznačujúci sa tým**, že sa redukčný plyn privádzaný do redukčného stupňa (7,8) a/alebo do predhrievacieho stupňa

- (5) ohrieva spaľovaním externého vyhrievacieho plynu a/alebo pevného a/alebo tekutého paliva spoločne s kyslíkom a/alebo vzduchom.
6. Spôsob podľa jedného z nárokov 1 až 5, **vyznačujúci sa tým**, že sa spaľovanie uskutočňuje v horáku (25), umiestnenom v prívode (12) redukčného plynu alebo vo vedení (13) redukčného plynu.
7. Spôsob podľa jedného z nárokov 1 až 6, **vyznačujúci sa tým**, že sa spaľovanie uskutočňuje v spaľovacích komorách separátnych od prívodu (12) redukčného plynu alebo od vedenia (13) redukčného plynu, pričom spaliny a prípadne nespálené pevné látky sa následne zavedú do prívodu (12) redukčného plynu alebo vedenie (13) redukčného plynu.
8. Spôsob podľa jedného z nárokov 1 až 7, **vyznačujúci sa tým**, že sa spaľovanie uskutočňuje pomocou aspoň jedného ďalšieho horáka (38) priradeného reaktora (30) s fluidnou vrstvou, pričom sa spaliny zavedú priamo do reaktora (30) s fluidnou vrstvou.
9. Spôsob podľa nároku 1, **vyznačujúci sa tým**, že sa kyslík a/alebo vzduch privádza do prívodu (12) redukčného plynu alebo vedenia (13) redukčného plynu cez prívodné rúrky („lanzy“).
10. Spôsob podľa nároku 1, **vyznačujúci sa tým**, že sa kyslík a/alebo vzduch privádza do reaktora (30) s fluidnou vrstvou cez ďalší horák (38), prednostne prívodnú rúrku („lanzu“).
11. Spôsob podľa jedného z nárokov 1 až 10, **vyznačujúci sa tým**, že sa vedľa plynu používaného na spaľovanie redukčného plynu používa ďalší redukčný plyn a/alebo exportný plyn a/alebo ochladzovací plyn a/alebo externý vyhrievací plyn a/alebo pevné a/alebo tekuté a/alebo plynné palivo na uhľovodíkovej báze.

12. Spôsob podľa jedného z nárokov 1 až 11, **vyznačujúci sa tým**, že sa k redukčnému plynu privádzanému do redukčného stupňa (7,8) a/alebo do predhrievacieho stupňa (5) primieša látka zvyšujúca aspoň čiastočnú reakciu s redukčným plynom redukujúcom podiel redukčného plynu, najmä zemný plyn a/alebo uhlie.
13. Spôsob nepriamej redukcie zrnitých rúd obsahujúcich oxid, najmä oxid železa obsahujúcej suroviny, fluidizačným postupom pri tlaku  $< 5$  bar, pričom sa ruda ohrieva a prípadne sa tiež predbežne redukuje pomocou z uhlia vyrobeného redukčného plynu v ako predhrievací stupeň vytvorenom reaktore s fluidnou vrstvou, následne sa redukuje v aspoň jednom ako redukčný stupeň vytvorenom reaktore s fluidnou vrstvou na železnú hubu, pričom redukčný plyn sa vedie pomocou prívodu redukčného plynu, prípadne pomocou vedenia redukčného plynu v smere proti od predhrievacieho stupňa k redukčnému stupňu vedenej redukovanej suroviny, z redukčného stupňa k predhrievaciemu stupňu a po čistení sa odoberá ako exportný plyn, **vyznačujúci sa tým**, že sa k redukčnému plynu privádzanému do redukčného stupňa (7,8) a/alebo predhrievaciemu stupňu (5) primieša látka zvyšujúca aspoň čiastočnú reakciu s redukčným plynom redukčný podiel redukčného plynu, najmä zemný plyn a/alebo uhlie.
14. Zariadenie na uskutočnenie spôsobu podľa jedného z nárokov 1 až 13 s aspoň dvoma v sérii za sebou zaradenými reaktormi s fluidnou vrstvou na nepriamu redukciu zrnitých rúd obsahujúcich oxid pomocou CO a H<sub>2</sub> obsahujúceho redukčný plyn vyrobený z uhlia, s prívodom redukčného plynu k v smere dopravy suroviny obsahujúcej oxid poslednému reaktoru s fluidnou vrstvou, s odvodom exportného plynu, odvádzajúcim použitý redukčný plyn z prvého reaktora s fluidnou vrstvou v smere dopravy suroviny obsahujúcej oxid ako exportný plyn, so spätným vedením plynu na ochladzovací plyn, odbočujúcim z prívodu redukčného plynu, ktoré ústi cez práčku späť do prívodu redukčného plynu a s vedením redukčného plynu na vedenie redukčného plynu z tretieho reaktora s fluidnou vrstvou do jemu predradených reaktorov s fluidnou vrstvou, **vyznačujúce sa tým**, že prívod

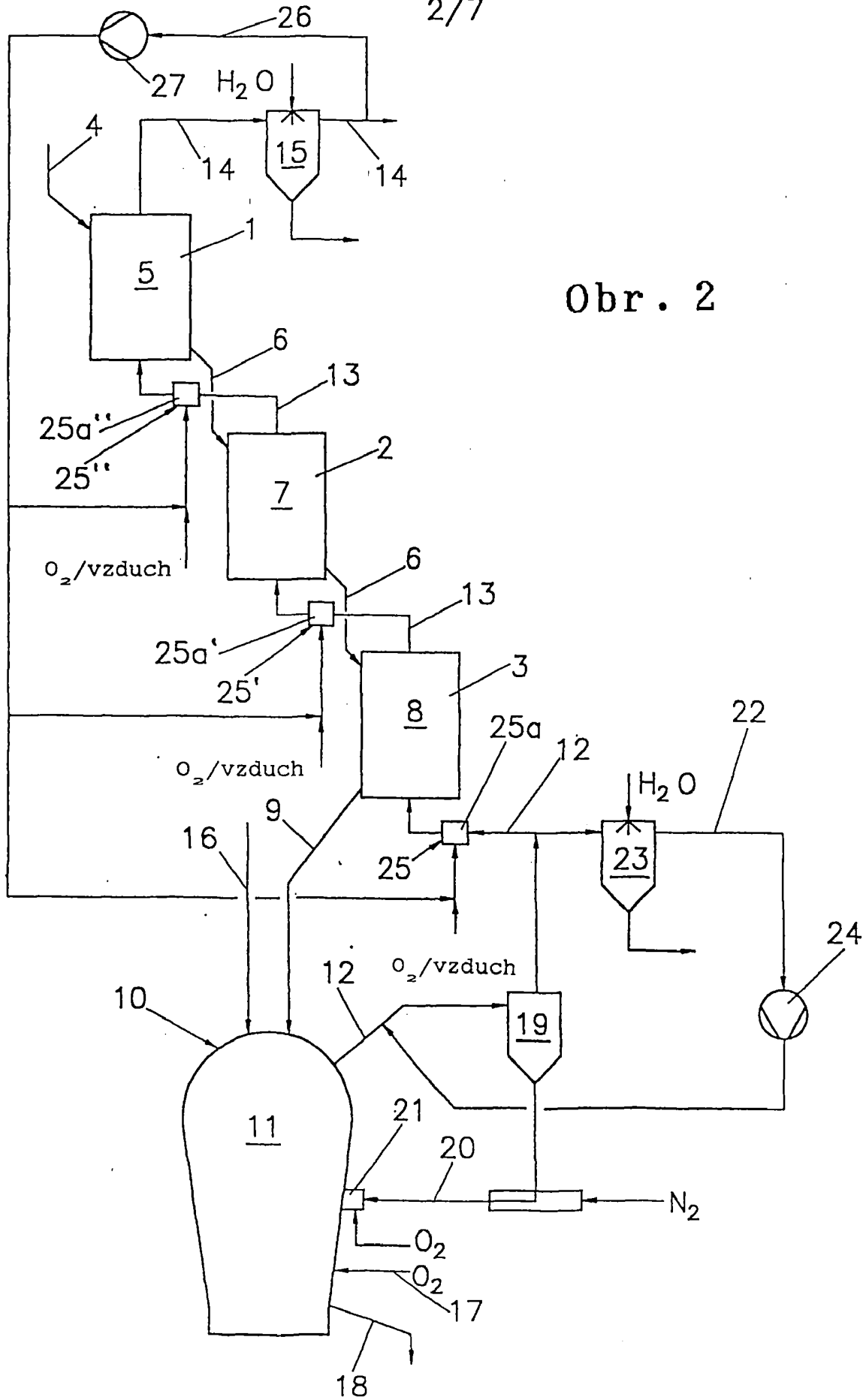
(12) redukčného plynu, vedenie (13) redukčného plynu a/alebo vedenie (26) exportného plynu a/alebo vedenie (28) ochladzovacieho plynu a/alebo vedenie (39) na externý vyhrievací plyn a/alebo na pevné a/alebo tekuté palivo a/alebo kyslík a/alebo vzduch na spálenie časti redukčného plynu, exportného plynu alebo ochladzovacieho vzduchu, externého vyhrievacieho plynu alebo pevného alebo tekutého paliva spoločne s kyslíkom a/alebo vzduchom sú pripojené k aspoň jednému horáku (25,38).

15. Zariadenie podľa nároku 14, **vyznačujúce sa tým**, že v odvode (14) exportného plynu je umiestnená mokrá práčka (15), pričom za mokrou práčkou (15) je odvod (14) exportného plynu pripojený pomocou vedenia (26) exportného plynu k horáku (25).
16. Zariadenie podľa nároku 14 alebo 15, **vyznačujúce sa tým**, že horák (25) je opatrený priamo v prívode (12) redukčného plynu alebo vo vedení (13) redukčného plynu spaľovacou komorou (25a).
17. Zariadenie podľa jedného z nárokov 14 až 16, **vyznačujúce sa tým**, že horák (25,38) je vytvorený ako kyslíková a/alebo vzduchová prívodná rúrka („lanza“).
18. Zariadenie podľa jedného z nárokov 13 až 16, **vyznačujúce sa tým**, že horák (25) má vzhľadom na prívod (12) redukčného plynu alebo vedenie (13) redukčného plynu separátnu spaľovaciu komoru (25a), ktorá je pripojená k prívodu (12) redukčného plynu alebo vedeniu (13) redukčného plynu.
19. Zariadenie podľa jedného z nárokov 13 až 17, **vyznačujúce sa tým**, že horák (38) je umiestnený v reaktore (30) s fluidnou vrstvou buď pod fluidným lôžkom, vo výške fluidného lôžka alebo nad fluidným lôžkom.



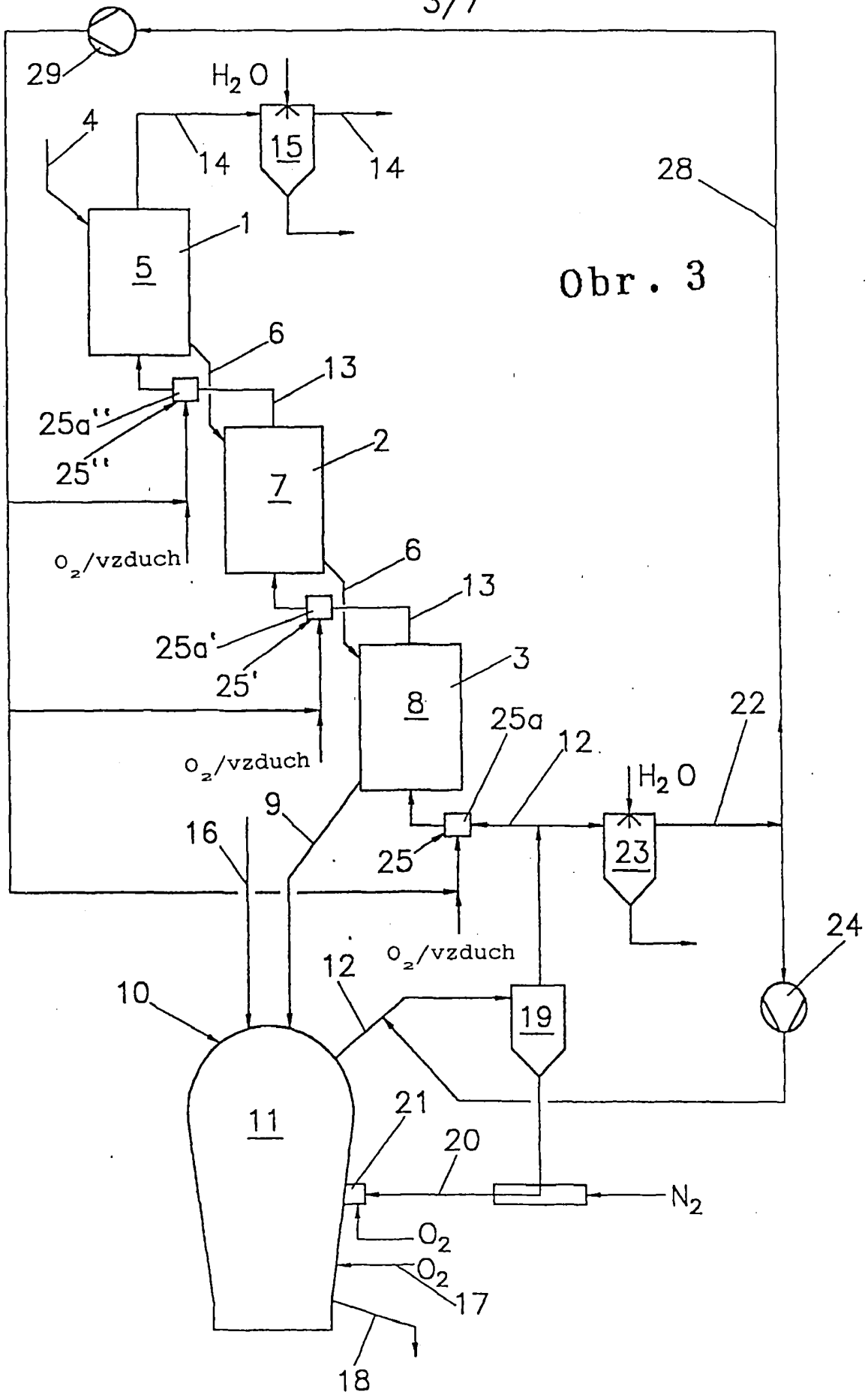
Obr. 1

2/7



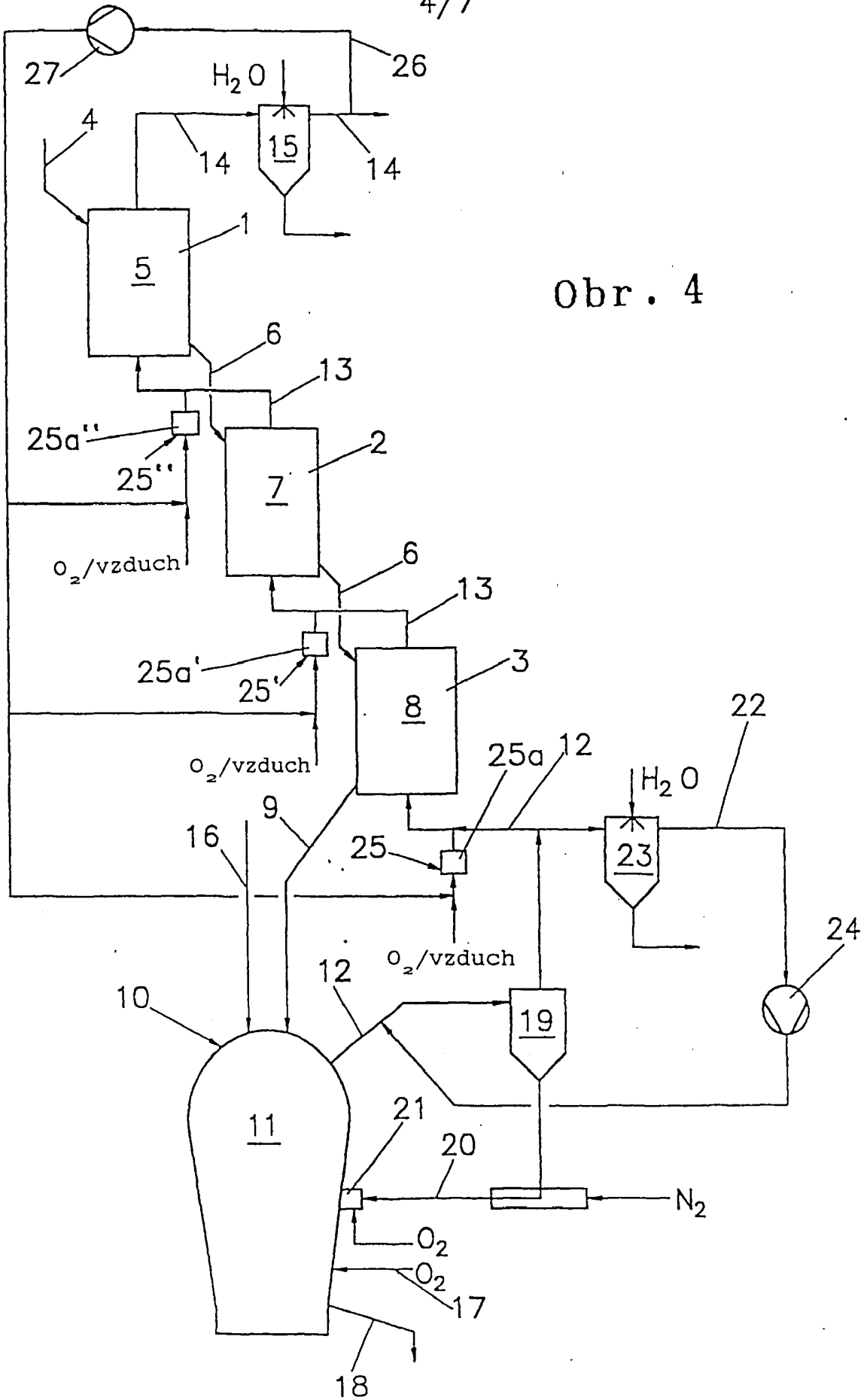
Obr. 2

3/7



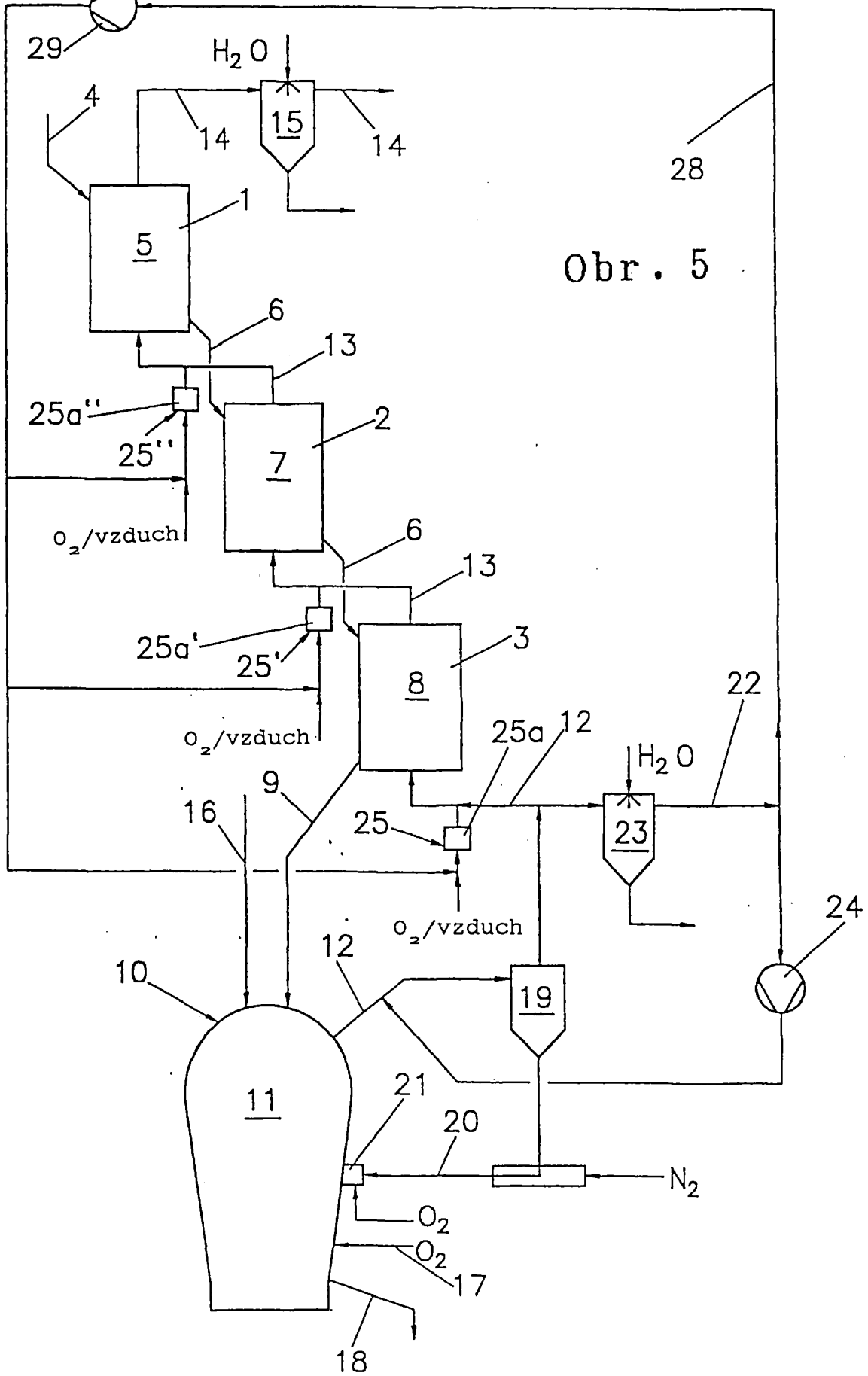
Obr. 3

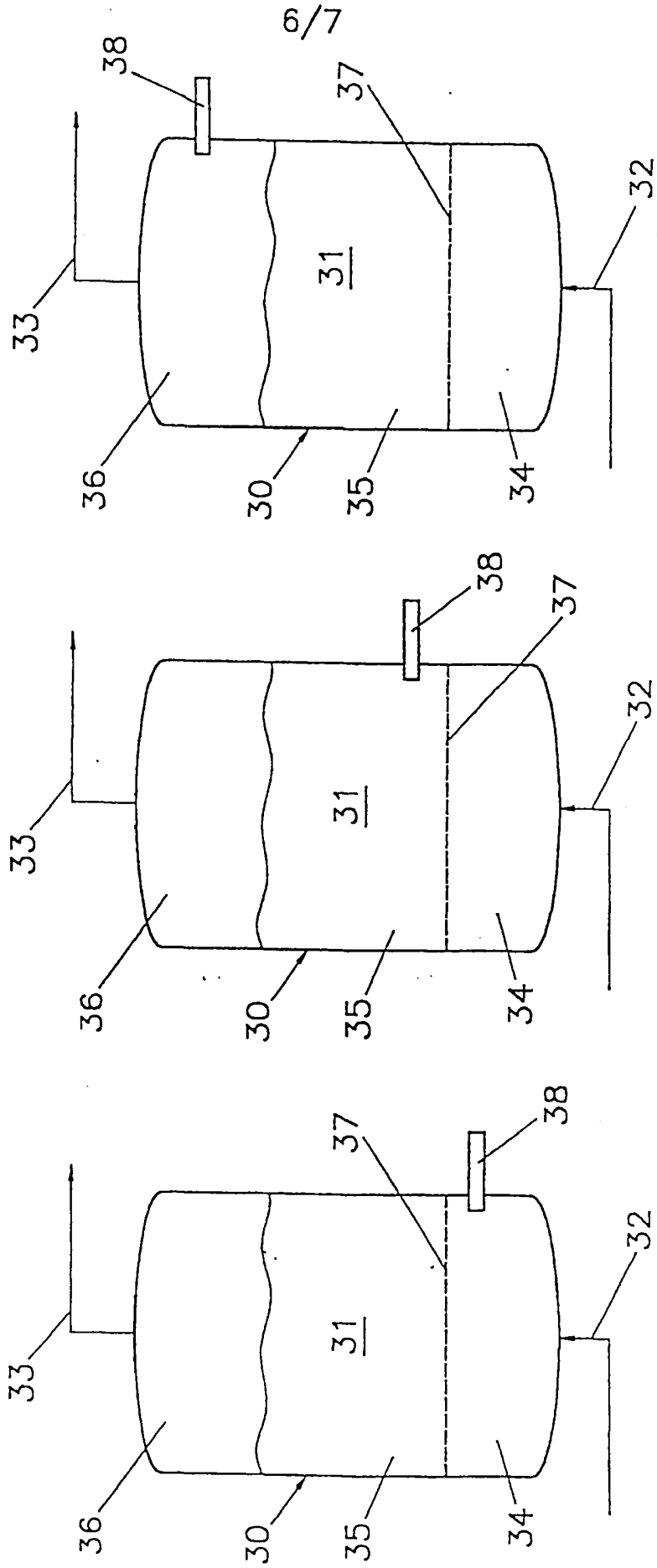
4/7



Obr. 4

5/7

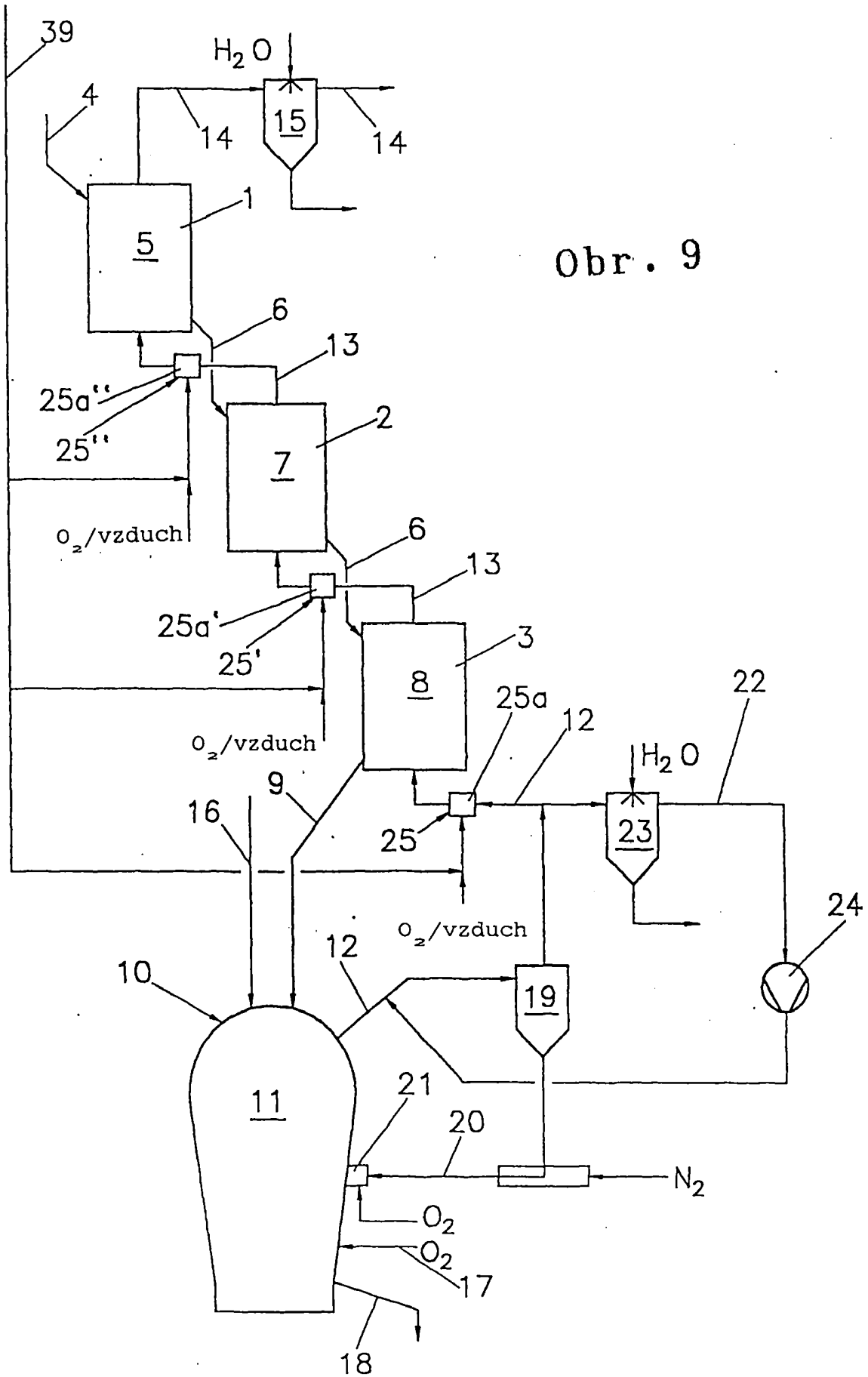




Obr. 8

Obr. 7

Obr. 6



Obr. 9