



URAD PRO VYNÁLEZY  
A OBJEVY

# POPIS VYNÁLEZU K PATENTU

215026  
(11) (B2)

(51) Int. Cl.<sup>3</sup>  
C 10 J 3/54

(22) Přihlášeno 17 08 79  
(21) (PV 5623-79)  
(32) (31) (33) Právo přednosti od 18 08 78  
(P 28 36 175.3)  
Německá spolková republika  
(40) Zveřejněno 15 09 81  
(45) Vydáno 15 10 84

(72) REH LOTHAR dr., HIRSCH MARTIN dipl. ing., FRANKFURT/M., BARON  
Autor vynálezu GERHARD dr. ing., HOFHEIM, BLAUM EBERHARD dr. ing., HAFKE  
CARL dr. ing., FRANKFURT/M. (NSR)  
(73) METALLGESELLSCHAFT AKTIENGESSELLSCHAFT, FRANKFURT/M.  
Majitel patentu (NSR)

## (54) Způsob zplyňování jemnozrnných paliv

1

Vynález se týká způsobu zplyňování pevných jemnozrnných paliv pro výrobu plynu s obsahem vodíku, kyslíčnicku uhelnatého a metanu ve dvou spolu spojených zplyňovacích stupních, s alespoň jedním zplyňovacím prostředkem ze skupiny vodní pára, kyslík a kyslíčnick uhlíčitý pod tlakem v rozmezí 0,2 — 15,0 MPa a za teploty mezi 500 až 1500 °C.

Jako pevné palivo přicházejí pro toto zařízení v úvahu obzvláště uhlí a hnědé uhlí, ale i rašelina. Palivo je do zplyňování vnášeno s velikostí zrna pod 3 mm. Kyslík jako zplyňovací prostředek je používán jako známá forma technicky čistého kyslíku, jako vzduch nebo jako vzduch kyslíkem obohacený. Jako oxidační zplyňovací prostředek působí při relativně vysokých teplotách zplyňování také kyslíčnick uhlíčitý.

Z německého patentového spisu 2 511 191 je známé zplyňování materiálu obsahujícího uhlík, při kterém jsou spolu svedeny dvě cirkulující vrstvy ve vznosu. První zplyňovací stupeň, který je proveden jako cirkulující vrstva ve vznosu, se naplní pevným a také kapalným palivem spolu s vodní párou. Zbytek pevných látek po reakci v tomto stupni postoupí částečně do druhé cirkulující vrstvy ve vznosu, kde dochází k reakci při vyšších teplotách než v prvním stupni v pří-

2

tomnosti plynu obsahujícího kyslík a vodní páry. Zbytek pevných látek z druhého zplyňovacího stupně je odveden zpět do prvního stupně, aby zde zajistil dostatečně vysokou teplotu. Tyto z druhého stupně vedené pevné látky obsahují ovšem vysoký podíl popela a pouze malý podíl uhlíku, takže je první stupeň zatěžován značným množstvím nezplyňovatelného materiálu. Kromě toho je pevné palivo po druhém zplyňovacím stupni tak málo reaktivní, že v prvním zplyňovacím stupni, kde jsou nejnižší teploty, může již sotva docházet k jeho zplynění. Může proto dojít v prvním stupni k vyřazení žádané reakce mezi čerstvým pevným palivem a zplyňovacím prostředkem, případně může být tato reakce silně negativně ovlivněna.

Úkolem vynálezu je docílit provádění shora zmíněného způsobu tak, aby se dosahovalo vysokého výkonu při hospodárném provozu.

Podle vynálezu se toho docílí tím, že v prvním zplyňovacím stupni se palivo v cirkulující vrstvě ve vznosu se zplyňovacím prostředkem a produkovaným plynem druhého zplyňovacího stupně částečně zplyňuje a produkovaný plyn se odtáhne a čistí, zbytek tuhých látek vypadávající v prvním zplyňovacím stupni se odevzdává do druhého zplyňovacího stupně a je prakticky úplně

zplyněn zplyňovacím prostředkem obsahujícím kyslík a nejméně polovina produkovaného plynu druhého zplyňovacího stupně je přivedena jako médium pro dosažení vznosu do prvního zplyňovacího stupně.

U způsobu podle vynálezu se vědomě zabránilo odvádění pevných látek z druhého zplyňovacího stupně do jeho prvního stupně. Nelze ale zcela zabránit, aby z druhého stupně do prvního vedený produkovaný plyn neobsahoval omezená množství pevných látek. Tato malá množství pevných látek však v porovnání s množstvím v prvním zplyňovacím stupni činí váhově méně než 1 % z váhy pevných látek v cirkulující vrstvě ve vznosu. U zařízení podle vynálezu je ale důležité, aby bylo do prvního stupně pomocí produkovaného plynu z druhého stupně vzneseno pozorovatelné teplo. Tak je také možné docílit, že do prvního stupně se kromě vodní páry a eventuálně ještě  $\text{CO}_2$ , použitých jako zplyňovací prostředek, přivádí pouze málo nebo žádný kyslík.

Cirkulující vrstva ve vznosu se na rozdíl od klasického lože ve vznosu vyznačuje tím, že jemnozrnné pevné látky jsou v reakčním prostoru bez definovatelné hraniční vrstvy. Není žádný skok v měrné hmotě mezi tuhými fázemi a nad ní se nacházejícím prostorem s prachem, ale uvnitř reaktoru postupně přibývá koncentrace pevných látek směrem zdola nahoru. Produkovaný plyn cirkulující vrstvy ve vznosu obsahuje velká množství pevných látek, které jsou z plynu oddělovány a zpět přiváděny do vrstvy ve vznosu. Vzhledem k vysokému rychlostem plynu v cirkulující vrstvě ve vznosu probíhají reakce při dané teplotě za vysoké rychlosti. Princip zařízení s cirkulující vrstvou ve vznosu je znám a je např. popsán v Encyklopedii technické chemie, Ullmann, 4. vydání (1973), svazek 3, str. 433 — 446. Podrobnosti cirkulující vrstvy ve vznosu jsou známy také US patentu č. 3 579 616.

Pro použití ve dvou zplyňovacích stupních přicházejí v úvahu rozdílné typy reaktorů. Druhý stupeň může být provozován např. jako cirkulující vrstva ve vznosu stejně jako první stupeň. Je výhodné, je-li přitom teplota ve druhém zplyňovacím stupni udržována pod bodem tání popela. Připustíme-li ale ve druhém zplyňovacím stupni také teploty nad bodem tání popela, může být tento stupeň s výhodou vybaven jako tavný cyklón. Tavný cyklón je známý ze spalovací techniky a je popsán např. v německé patentové přihlášce 20 10 872 a také v US patentu 3 915 692.

Aby byly ještě dále zvětšeny hodnoty pro-sazení, je možné pracovat za tlaků 0,5 až 15,0 MPa, s výhodou v rozmezí 1,0 až 6,0 MPa. Z tohoto důvodu je také doporučováno, aby se kromě zbývajících pevných látek z prvního stupně přidávalo do druhého stupně také čerstvé palivo. Dále je možné, aby v prvním a/nebo v druhém zplyňovacím stupni byla využita vlastnost katalytického působení pomocí přísadky substancí, které zplyňo-

vání zrychlují. Takovými substancemi jsou např. alkalické soli, jako např.  $\text{K}_2\text{CO}_3$ . Tyto substance mohou být přidávány s pevným palivem, ale také se zplyňovacím prostředkem, a to do prvního ale i do druhého zplyňovacího stupně.

Pro praxi je účelné, aby množství pevných látek v prvním a druhém zplyňovacím stupni bylo voleno tak, že vzájemný váhový poměr je mezi 6:1 až 1:2.

V mnohých případech je žádoucí, aby byl vyráběn plyn v pokud možno malém obsahu sirných sloučenin.

Sírné sloučeniny, obzvláště  $\text{H}_2\text{S}$ , se dají různými způsoby čištění z produkovaného plynu odstranit, ale toto čištění je nákladné. Další možností je provádět zplyňování paliv v přítomnosti substancí, které síru váží. Takovými substancemi je např. vápenec, dolomit, kysličníky železa nebo směsi těchto látek. Ty mohou být v jemnozrnné formě přidávány do čerstvého paliva před tím, než je použito ke zplyňování. Je ale také možné, aby byly tyto substance přiváděny separátně do prvního a/nebo druhého zplyňovacího stupně. Síra je tím vázána do sloučenin, které se při teplotách zplyňování nerozkládají, a které mohou být odděleny spolu s popelem a nejsou obsaženy v produkovaném plynu.

V prvním zplyňovacím stupni jsou teploty obvykle v rozsahu 700 až 1200 °C, s výhodou v rozmezí mezi 800 až 1100 °C. Vysokým teplotám je dáвана přednost, má-li produkovaný plyn obsahovat pokud možno málo kondenzovatelných součástí, hlavně dehtů a kapalných uhlovodíků. Pro určení teploty ve zplyňovacích stupních může sloužit hlavně obsah kyslíku ve zplyňovacím prostředku. Další možnosti variací jsou dány volbou vstupní teploty přiváděných substancí. Teplota ve zplyňovacích stupních se také může měnit nepřímou výměnou tepla pomocí potrubí s chladicími prostředky.

Je účelné, aby se ve druhém zplyňovacím stupni pracovalo s vyšší teplotou než je v prvním zplyňovacím stupni. To se docílí tím, že se ve druhém zplyňovacím stupni udržuje relativně vysoký obsah kyslíku ve zplyňovacím prostředku. Vyšší teploty ve druhém než v prvním zplyňovacím stupni jsou potom potřebné, je-li zbytek pevných látek z prvního stupně málo reaktivní a je-li dostatečně vysoká reakční rychlost dosažitelná pouze při vysokých teplotách.

Protože z cirkulující vrstvy ve vznosu vystupující produkovaný plyn sebou odnáší určitá množství pevných látek, je možné vhodnou volbou místo přidávání paliva řídit dobu, po kterou se palivo v zařízení nachází. Pokud uvádíme palivo dole do zplyňovacího stupně, docílíme dlouhé doby, během kterých může nastat prakticky úplná karbonizace paliva a úplné zplynění. Pokud palivo přidáváme do horního rozsahu vrstvy ve vznosu, docílíme krátké doby prodlévání a produk-

vaný plyn je bohatý na produkty karbonizace.

Plyn vyrobený zplyňováním podle vynálezu se nečistí pouze do pevných látek, ale je podrobován dalším zákrokům, aby mohl být použit žádoucím způsobem. Tento plyn je předně používán jako výchozí produkt pro syntézní plyn nebo může sloužit jako topný plyn a pro tento účel může být podroben termickému nebo katalytickému zpracování. Další úprava může být vedena např. tak, že dojde k přetvoření uhlíku v produkovaném plynu na složky syntézního plynu, tj. na CO a H<sub>2</sub>. Jinak je možné použít hydrogenační štěpení, aby se docílilo převedení kondenzovatelných uhlovodíků dále na metan. Plyn může být použit jako redukční plyn pro přímou redukci železných rud, pro použití v elektrárnách s kombinovaným použitím plynových a parních turbin nebo obecně jako syntézní plyn. Syntézní plyn může být známým způsobem převeden na syntetický zemní plyn, nebo také na metanol nebo na amoniak. Syntézní plyn je ale také použitelný pro jiné chemické zpracování, jako např. pro oxo-syntézu nebo pro výrobu kyseliny octové.

Příklad provedení zařízení podle vynálezu bude vysvětlen za pomoci přiloženého obrázku.

Jemnozrnné uhlí o velikosti zrna menší než 3 mm přichází přívodem, na obrázku neznázorněným, a je vedeno potrubím 1 k tlakové předloze 2. Z tlakové předlohy jde uhlí zaváděcím zařízením 3 a je zaváděno do prvního zplyňovacího stupně 5 potrubím 4. Jako nosný plyn pro dopravu uhlí do vedení 4 slouží kysličník uhlíčitý nebo dusík nebo směs těchto plynů.

První zplyňovací stupeň 5 je tvořen tlakovým reaktorem, ve kterém se nachází palivo ve stavu cirkulující vrstvy ve vznosu. Do cirkulující vrstvy ve vznosu se přidává podstatná část pevných látek z oblasti ve vznosu pomocí plynu způsobujícího víření, od plynu je oddělována a je zpět vedena do oblasti víření. Uhlí je vedeno spolu s nosným plynem pomocí na obr. neznázorněného kruhového potrubí s větším počtem trysek, směřujících do středu reaktoru ve zplyňovacím stupni 5. Plyn pro vyvolání víření, který současně slouží i jako zplyňovací prostředek — v převážném množství je to vodní pára — je přiváděn potrubím 6. Zplyňovací prostředek může také obsahovat kyslík, vzduch nebo jejich směs.

Vlivem relativně vysoké rychlosti plynu v prvním zplyňovacím stupni 5 se v něm vytváří intenzívně promíchávaná, silně zředěná vrstva ve vznosu, přičemž jsou částice pevných látek vynášeny nahoru a další částice jsou transportovány dolů. Přiváděná jemnozrnná paliva jsou přitom částečně spalována.

Produkovaný plyn, který opouští zplyňovací stupeň 5 potrubím 7, obsahuje vysoký podíl pevných látek. Největší podíl těchto

pevných látek je oddělen od plynu v cyklónu 8 zapojeném za ním a je veden potrubím 9 do spodní části prvního zplyňovacího stupně 5, a to do jeho oblasti vznosu. Společně zapojení vířivého reaktoru, potrubí pro produkovaný plyn 7, cyklónu 8 a potrubí pro zpětné potrubí 9 je charakteristické pro přístrojové vybavení cirkulující vrstvy ve vznosu.

Cyklón 8 opouštějící produkovaný plyn je veden potrubím 10 do druhého cyklónu 11 a tam je odstraněna část zde se vyskytující pevných látek. Produkovaný plyn v potrubí 12 je k dispozici pro další zpracování, čištění a další použití.

Část pevných látek, odpadajících v cyklónu 8, je odvedena potrubím 13 a je vedena spolu s pevnými látkami z cyklónu 11 do druhého zplyňovacího stupně 14. Druhý zplyňovací stupeň 14 je podle obrázku v principu stejně vybaven jako první zplyňovací stupeň 5. Na rozdíl od obrázku by mohl být druhý zplyňovací stupeň použit také např. jako tavný cyklón.

Do druhého zplyňovacího stupně 14 se přivádí vodní pára a volný kyslík, obsahující zplyňovací prostředek potrubím 15. Přídavný kyslík může být v případě potřeby přiváděn potrubím 16. Zplyňovací prostředky vytvářejí ve druhém zplyňovacím stupni 14 cirkulující vrstvu ve vznosu, jak bylo již vysvětleno v prvním zplyňovacím stupni 5. Větší přívod kyslíku do druhého zplyňovacího stupně 14 způsobuje vyšší teplotu než je v prvním zplyňovacím stupni 5.

Pevné látky obsahující produkovaný plyn opouštějí zplyňovací stupeň 14 potrubím 17, přičemž v cyklónu 18 zapojeném za ním jsou z plynu oddělovány pevné látky. Dále procházející produkovaný plyn, zbavený pevných látek, je alespoň v polovičním množství veden zpět potrubím 20 a 21 do prvního zplyňovacího stupně. Produkovaný plyn, který není veden zpět, je v potrubí 22 připraven pro další použití. Při obvyklém provozu zplyňovacího zařízení je však veškerý produkovaný plyn veden potrubím 20 a 21 zase do prvního zplyňovacího stupně 5.

Oddělené pevné látky v cyklónu 18 jsou v zásadě na uhlík chudé popeli. Pro využití tepla, obsaženého v těchto pevných látkách, je možné je vést částečně prvním chladičem 23 před tím, než jsou opět předány do druhého zplyňovacího stupně 14. První chladič 23 může být vybaven např. jako chladič s ložem ve vznosu. V chladiči 23 se zplyňovací prostředek z potrubí 24 ohřívá před tím, než je veden do obou zplyňovacích stupňů 5 a 14. Oddělený podíl pevných látek předává určité teplo ve druhém chladiči 25. V tomto chladiči 25 se ohřívá nosný plyn vedený v potrubí 26, který potom dodává potrubím 4 čerstvé palivo do prvního zplyňovacího stupně 5. Chladiče 23 a 25 mohou být vybaveny různým způsobem a je např. možné, aby v chladiči byl přímý nebo nepřímý přestup tepla mezi pevnou látkou a

jedním nebo více chladicími médii. Na obr. je také čárkovane naznačeno obtokové potrubí chladiče pro případ, že by bylo vhodné.

#### Příklad

V zařízení podle vynálezu, odpovídají obrázku, je zplyňováno 50 t uhlí za hodinu. Analýza uhlí, vyjádřeno na množství bez vody a bez popele, je následující:

|    |               |
|----|---------------|
| C  | 86,56 hmot. % |
| O  | 5,27 hmot. %  |
| H  | 5,22 hmot. %  |
| N  | 1,62 hmot. %  |
| S  | 1,18 hmot. %  |
| Cl | 0,15 hmot. %  |

Uhlí kromě toho obsahuje ještě 20 % popela. Zplyňování v prvním zplyňovacím stupni 5 probíhá s produkovaným plynem druhého zplyňovacího stupně 14 a s 0,1 Nm<sup>3</sup> vodní páry a 0,2 Nm<sup>3</sup> CO<sub>2</sub> na 1 kg uhlí, přičemž CO<sub>2</sub> slouží pro pneumatické vnášení uhlí potrubím 4. Reaktor prvního zplyňovacího stupně 5 má světlou výšku 15 m a vnitřní průměr 3 m. Zplyňovací tlak je 3,0 MPa.

Potrubím 12 opouští zplyňovací předlohu na 1 kg uhlí 2,4 Nm<sup>3</sup> produkovaného plynu o teplotě 1050 °C. Produkovaný plyn obsahuje (přepočteno na suchý plyn):

|                  |             |
|------------------|-------------|
| CO <sub>2</sub>  | 14,6 obj. % |
| CO               | 58,7 obj. % |
| H <sub>2</sub>   | 25,0 obj. % |
| CH <sub>4</sub>  | 6,8 obj. %  |
| N <sub>2</sub>   | 0,5 obj. %  |
| HCl              | 0,1 obj. %  |
| H <sub>2</sub> S | 0,3 obj. %  |

Plyn je známým způsobem chlazen a hrubě čištěn vstřikováním vody a zpětným vedením kondenzátu.

Potrubím 13 je vedeno za hodinu 14,3 t uhlí obsahujícího zbytku k druhému zplyňovacímu stupni a tam se přidává na 1 kg uhlí 0,51 Nm<sup>3</sup> O<sub>2</sub> a 0,4 Nm<sup>3</sup> vodní páry z potrubí 15. Tlak je 3,0 MPa. Zplyňovací stupeň 14 je stejně vybaven jako první zplyňovací stupeň 5. Veškeré množství vznikajícího produkovaného plynu o teplotě 1200 °C je vedeno cyklónem 18 a dále potrubími 20 a 21 zpět do prvního zplyňovacího stupně. V cyklónu 18 vypadávají pevné látky v množství 100 t za hodinu a jsou rozdělovány v poměru 9:1 na chladiče 23 a 25. V chladiči 23 klesá teplota pevných látek z 1200 °C na 1100 °C před tím, než je plyn veden zpět do zplyňovacího stupně 14.

#### Příklad 2

Pro výrobu plynu pro spalování v elektrárně s kombinovanými turbínami plyn-pára se použije zařízení podle obrázku, s uhlím přiváděným jako v příkladu 1. Kromě uhlí

se přivádí do reaktoru 5 75 g vápence na 1 kg uhlí. Tato směs se přidává pro odsíření produkovaného plynu.

Uhlí se vnáší pneumaticky do reaktoru 5 spolu s 0,2 Nm<sup>3</sup> vzduchu/kg uhlí, dále se do reaktoru 5 přivádí plyn z druhého reaktoru 14 a 0,1 Nm<sup>3</sup> vodní páry na 1 kg uhlí. Tlak je 3,0 MPa.

Analýza plynu, který opouští v množství 4,2 Nm<sup>3</sup>/kg uhlí zařízení potrubím 12 o teplotě 950 °C, přepočteno na suchý plyn, je:

|                  |              |
|------------------|--------------|
| CO <sub>2</sub>  | 8,6 obj. %   |
| CO               | 22,2 obj. %  |
| H <sub>2</sub>   | 7,6 obj. %   |
| CH <sub>4</sub>  | 7,5 obj. %   |
| N <sub>2</sub>   | 54,06 obj. % |
| HCl              | 0,02 obj. %  |
| H <sub>2</sub> S | 0,02 obj. %  |

Tento dále jdoucí odsířený plyn, v daném případě po dalším odstranění prachu, je přiváděn jako topný plyn za zvýšeného tlaku do provozovaného parního kotle.

Potrubím 13 se vede do reaktoru 5 za hodinu 14,7 t zbytku obsahujícího uhlík k druhému zplyňovacímu stupni a tam je zplyňován s 2,6 Nm<sup>3</sup> vzduchu a 0,4 Nm<sup>3</sup> vodní páry, vztaženo na 1 kg uhlí. Tlak je 3,0 MPa, teplota 1200 °C, veškerý produkovaný plyn z tohoto stupně se vede přes cyklón 18 a potrubí 20 a 21 zpět k prvnímu zplyňovacímu stupni.

V cyklónu 18 hodinově odpadající množství asi 105 t pevných látek je, podobně jako v 1. příkladu, rozděleno na chladič 23 a 25, přičemž chladič 23 ochladí pevné látky na asi 1000 °C před tím, než vstoupí do reaktoru 14.

#### Příklad 3

V zařízení podle obrázku je vyráběn syntézní plyn z hnědého uhlí, jehož analýza je:

|   |              |
|---|--------------|
| C | 68,0 hmot. % |
| H | 5,3 hmot. %  |
| O | 25,7 hmot. % |
| N | 0,6 hmot. %  |
| S | 0,4 hmot. %  |

a dále obsahuje 5 % popele a 8 % vlhkosti. Hnědé uhlí se pneumaticky přivádí do reaktoru pomocí CO<sub>2</sub> v množství 0,2 Nm<sup>3</sup> CO<sub>2</sub> na 1 kg uhlí. Kromě toho vstupují do reaktoru 5 potrubím 21 produkovaný plyn druhého zplyňovacího stupně 14, stejně jako 0,1 Nm<sup>3</sup> páry/1 kg uhlí. Zplyňovací tlak je 3,0 MPa a teplota v reaktoru 5 je 1050 °C.

Plyn opouštějící zařízení potrubím 12 v množství 2,46 Nm<sup>3</sup> na 1 kg uhlí, počítáno jako suchý stav, má následující složení:

|                 |              |
|-----------------|--------------|
| CO <sub>2</sub> | 30,47 obj. % |
| CO              | 43,30 obj. % |
| H <sub>2</sub>  | 24,67 obj. % |
| CH <sub>4</sub> | 1,18 obj. %  |

|                  |             |
|------------------|-------------|
| N <sub>2</sub>   | 0,26 obj. % |
| H <sub>2</sub> S | 0,12 obj. % |

Plyn je obvyklým způsobem chlazen, čištěn a upravován před tím, než je použit jako syntézní plyn.

Do druhého zplyňovacího stupně **14** je potrubím **18** přiváděno za hodinu 3,7 t zbytku

obsahujícího uhlík a tam je zplyňováno za pomoci 0,3 Nm<sup>3</sup> vodní páry a 0,74 Nm<sup>3</sup> kyslíku na 1 kg uhlí, a to při teplotě 1200 °C a tlaku 3,0 MPa. V cyklónu **18** vypadávající pevné látky v množství 25 t za hodinu jsou jako v příkladu 1 rozděleny na chladiče **23** a **24**, přičemž pokles teploty v chladiči činí asi 300 °C.

#### PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Způsob zplyňování pevných jemnozrných paliv pro výrobu plynu s obsahem vodíku, kyslíčnicku uhelnatého a metanu ve dvou spolu spojených zplyňovacích stupních s alespoň s jedním zplyňovacím prostředkem ze skupiny vodní pára, kyslík nebo kyslíčnick uhlíčitý pod tlakem v rozmezí 0,2 až 15,0 MPa a za teploty mezi 500 až 1500 °C, vyznačující se tím, že v prvním zplyňovacím stupni se palivo v cirkulující vrstvě ve vznosu se zplyňovacím prostředkem a produkovaným plynem druhého zplyňovacího stupně částečně zplyňuje a produkovaný plyn se odtáhne a čistí, zbytek tuhých látek vypadávající v prvním zplyňovacím stupni se odevdává do druhého zplyňovacího stupně a je prakticky úplně zplyněn zplyňovacím prostředkem obsahujícím kyslík a nejméně polovina produkovaného plynu druhého zplyňovacího stupně se vede do prvního zplyňovacího stupně jako médium pro vyvolání víření.

2. Způsob podle bodu 1 vyznačující se tím, že také druhý zplyňovací stupeň se provozuje jako cirkulující vrstva ve vznosu.

3. Způsob podle bodů 1 nebo 2 vyznačující se tím, že teplota ve druhém zplyňovacím stupni je pod bodem tání popela.

4. Způsob podle bodu 1 vyznačující se tím, že teplota ve druhém zplyňovacím stupni je

nad bodem tání popela a zplyňovací stupeň je vybaven s výhodou jako tavný cyklón.

5. Způsob podle bodů 1 až 4 vyznačující se tím, že tlak ve zplyňovacích stupních je v rozsahu 0,5 až 15 MPa, s výhodou v rozsahu 1 až 6 MPa.

6. Způsob podle bodů 1 až 5 vyznačující se tím, že při čištění produkovaného plynu se odstraňuje CO<sub>2</sub> a používá se jako další zplyňovací prostředek.

7. Způsob podle bodů 1 až 6 vyznačující se tím, že do druhého zplyňovacího stupně se kromě zbytku tuhých látek z prvního stupně přidává také čerstvé palivo.

8. Způsob podle bodů 1 až 7 vyznačující se tím, že do prvního a/nebo druhého zplyňovacího stupně se přidávají katalyticky účinné látky urychlující zplyňování.

9. Způsob podle bodů 1 až 8 vyznačující se tím, že teplota v prvním zplyňovacím stupni je mezi 700 až 1200 °C, s výhodou mezi 800 až 1100 °C.

10. Způsob podle bodů 1 až 9 vyznačující se tím, že ve druhém zplyňovacím stupni je vyšší teplota než v prvním zplyňovacím stupni.

11. Způsob podle bodů 1 až 10 vyznačující se tím, že palivo se přidává do horní oblasti prvního zplyňovacího stupně a odtahuje se produkovaný plyn bohatý na karbonizační produkty.

