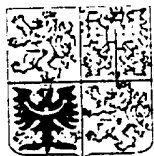


(19)

ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2835-96**

(22) Přihlášeno: **26. 09. 96**

(40) Zveřejněno: **15. 04. 98**
(Věstník č. 4/98)

(47) Uděleno: **30. 04. 98**

(24) Oznámeno udělení ve Věstníku: **17. 06. 98**
(Věstník č. 6/98)

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.⁶:

C 13 K	1/02
C 13 K	1/06
C 12 P	7/06
C 12 P	7/10
C 12 C	11/02

(73) Majitel patentu:

MACHEK František Ing. CSc., Praha, CZ;
KRATOCHVÍL Zdeněk, Praha, CZ;

(72) Původce vynálezu:

Machek František Ing. CSc., Praha, CZ;
Kratochvíl Zdeněk, Praha, CZ;

(54) Název vynálezu:

**Způsob a zařízení pro komplexní výrobu
bioetanolu z obnovitelných zdrojů**

(57) Anotace:

Způsob fermentační výroby etanolu je založen na současném zpracování lignocelulóзовého a škrobového materiálu /obnovitelných zdrojů/. Lignocelulóзовý materiál se hydrolyzuje termicko-tlakovým postupem a nehydrolyzovaný zbytek celulózy se zpracovává enzymaticky pomocí celuláz. Škrobový materiál se štěpí enzymaticky pomocí komerčně vyráběných amyláz. Nehydrolyzované části škrobového materiálu se zpracovávají pomocí celuláz, případně termicko-tlakovou hydrolyzou. K úpravě škrobového materiálu se využívá tepla roztoku z termicko-tlakové hydrolyzy a v něm také probíhá enzymatická hydrolyza škrobu. Takto získaný roztok glukózy se po úpravě fermentuje s využitím vracení odseparovaných kvasinek do fermentoru. Prokvašená zápara se předehřívá hydrolyzním roztokem a destiluje v záparové koloně. Nezahuštěné výpalky slouží pro ředění hydrolyzního roztoku a lútrová voda z rektifikace jako ředicí voda pro termicko-tlakovou hydrolyzu. Zařízení pro provádění tohoto způsobu zahrnuje dezintegrační linku s dezintegrátorem /1/, plnicí jednotku /28/, hydrolyzní soubor /2/, propojený s vysokotlakým expandérem /3/ a atomosférickým expandérem /4/, které rozdělují reakční směs na kapalnou suspenzi a parní fázi. Kapalná suspenze přichází na aparát /9/, kde se dělí na glukózový roztok a tuhé zbytky, které se variantně zpracovávají v termicko-tlakovém hydrolyzním souboru /2/ nebo enzymovém hydrolyzátoru /11/ pomocí celuláz. Aparát /9/ je napojen na enzymový hydrolyzátor /14/ škrobu, který je propojen s aparátem /15/ pro přípravu drce-

ného zrna a aparátem /16/ pro přípravu amylázy. Enzymový hydrolyzátor /14/ škrobu je propojen se separátorem /17/, z něhož je výstup roztoku napojen na aparát /18/ pro úpravu fermentačního média a přes výměník /19/ tepla dále na fermentor /20/, který je přes separátor (21) kvasinek napojen na aparát /22/ destilace a zařízení /24/ pro rektifikaci odparku /23/.

Způsob a zařízení pro komplexní výrobu bioetanolu z obnovitelných zdrojů

Oblast techniky

5

Vynález se týká způsobu zpracování lignocelulóзовých materiálů termicko-tlakovou hydrolýzou a enzymovou hydrolýzou celulózy a enzymovou hydrolýzou škrobu na glukózu, fermentaci, destilaci, rektifikaci a bioetanol, fural a lignin, a komplexního zařízení k provádění tohoto způsobu.

10

Dosavadní stav techniky

15 Z obnovitelných zdrojů je v současnosti nejvíce využívaným zdrojem energie biomasa, která má nezanedbatelný podíl na světové produkci. Z kvalitativních hledisek je však dnešní stav jejího využívání zcela neuspokojivý. Ve světovém měřítku zatím naprosto převažuje spalování biomasy, zejména v hospodářsky méně vyvinutých zemích, kdy je velký nedostatek ušlechtilých paliv.

20 V blízké budoucnosti je proto zapotřebí rozvíjet a nalézt levnější a účinné metody konverze na ušlechtilá plynná, zejména však kapalná paliva, která umožní efektivní využití obnovitelných zdrojů bez omezení působnosti na blízkost surovinových zdrojů, i větší flexibilitu ve způsobech aplikace a bez sezonních výkyvů.

25 Přesto, že zatím je často využití fosilních surovin ekonomicky výhodnější, velké petrochemické společnosti zkoumají a prověřují nové technologie, využívající obnovitelné zdroje. Konference European Conference on Bioethanol se v květnu zabývala příčinami ekonomické nerentability z technologického i legislativního hlediska. Prodejní cena bioetanolu, který se vyrábí nebo bude vyrábět z kukuřičného škrobu, se téměř rovná ceně vstupní suroviny.

30

Doposud používané a navržené technologie jsou většinou založeny na využívání škrobových substrátů (kukuřice, obilí). Tyto substráty jsou drahé, mají však výhodu ve snadné a technologicky zvládnuté hydrolýze. Intenzivně se dále zkoumají postupy, využívající hydrolýzu celulózy. Výhodou těchto postupů je zanedbatelná cena vstupní suroviny (celulózy). Často se 35 totiž jedná o odpadní látky. Nevýhodou je získávání zředěných roztoků, které musí být nákladně zahušťovány, aby je bylo možno použít pro fermentační účely. Hydrolýzní technologie, poskytují roztok glukózy o vhodné koncentraci a pokud možno kontinuálním způsobem, nejsou dosud plně zvládnuty. Pokud se totiž proces vede tak, že poskytuje roztok o vhodné koncentraci, vznikají vedlejší produkty hydrolýzy, které nepříznivě ovlivňují průběh fermentace.

40

Další nepříznivým faktorem, působícím ekonomické potíže při výrobě bioetanolu, je značná energetická náročnost jeho izolace z fermentačního roztoku. Tento problém se řeší velmi komplikovanými a tedy drahými systémy destilace a rektifikace. Nákladné je tedy zahušťování 45 výpalků.

45

Všechny tyto faktory uvádí Philip W. Madson ve své přednášce „Bio-Ethanol experiences in the USA“, přednesené na „European Conference on Bioethanol“, konané v Lisse (Holandsko) v květnu 1990. Závěrem konstatuje, že výroba bioetanolu je přes veškerý lechický pokrok a 50 optimalizace technologie v nejlepším případě na hranici rentability. Řešení vidí ve využití nových postupů a jejich maximální optimalizaci a legislativní podpoře státu. Od této doby bylo vydáno několik patentů, žádný z nich však neřeší problematiku komplexně a definitivně. Všechny postupy jsou zaměřeny na vylepšení dílčích operací.

Je známý evropský patent č. 0 101 190 „Process for producing ethanol“ autorů Assarssona a Nagasuye, kteří využívají pro výrobu glukózy, následně zkvašované nebo etanol, kyselou parciální hydrolyzu škrobu. Jako vstupní surovina je uvažován karbohydrátový materiál různě upravený (chemicky modifikovaný, odvozený, nemodifikovaný a/nebo jejich směs). Do některé z těchto skupin patří teoreticky i celulóza, i když ji autoři v seznamu surovin výslovně neuvádějí. Navržené podmínky hydrolyzy, zvláště teplota, ji však zcela vylučují ze seznamu použitelných surovin. Při navržené teplotě topné páry 167 °C může dojít pouze k hydrolyze pentozanů, avšak celulóza, která poskytuje zkvasitelnou glukózu, zůstane neporušena. Proto je v nárocích uváděn výhradně škrobový materiál. Aby zabránili značným ztrátám nezkvasitelných oligosacharidů, autoři vracejí roztok po prokvašení zpět do hydrolyzátoru, kde dochází k jejich „dohydrolyze“. Tento proces („dohydrolyza“) je výrazně snazší než hydrolyza škrobu, přesto však musí dojít k opětovnému ohřátí roztoku (suspenze), a to je energeticky dosti náročné. To je značná nevýhoda tohoto postupu.

Další známý postup je popsán v US patentu č. 4,564,595. Jedná se o kyselou hydrolyzu delignifikované celulózy a následné zkvašování vzniklých jednoduchých cukrů (hlavně glukózy). Většina patentu popisuje etanolovou fermentaci za smíšeného tlaku, při které dochází k oddělování etanolu z fermentační směsi a tím ke zrychlení fermentace. Oddělování etanolu může být urychleno probubláváním oxidem uhličitým. Nevýhodou tohoto postupu je nutná delignifikace lignocelulóзовého materiálu, nízká koncentrace zkvasitelných cukrů (kvašení je však urychlováno oddělováním etanolu) a hlavně špatným využitím tepla, které je nutné pro hydrolyzu celulózy.

Vysokou energetickou náročnost známých postupů se snaží odstranit japonský patent č. 59048090 A o názvu „Preparation of fuel alcohol“. Jeho podstata spočívá v tom, že jsou pomocí fermentace připraveny z obnovitelných surovin jednoduché cukry, které jsou potom zkvašeny na etanol. Škrobové materiály jsou štěpeny pomocí vláknitých hub rodu *Aspergillus*, lignocelulóзовé materiály typu dřeva jsou upravovány pomocí kvasinek, slámy a slámy podobné materiály pomocí *Bacillus natto*. Všechny komponenty se smísí v poměru 5:3:2 a směs se podrobí alkoholové fermentaci „k získání levného palivového alkoholu“ (jak doslova uvádějí autoři). Evidentní nevýhodou tohoto postupu je nutnost podrobit vysokomolekulární sacharidy předběžnému fermentačnímu štěpení. K tomu jsou zapotřebí další tři fermentační jednotky. Navíc tento typ fermentací podle literárních údajů probíhá velmi pomalu. Je však možné, že alkoholové kvašení (pokud nebereme v úvahu složitou přípravu suroviny) bude velmi levné.

Je dále známo několik modifikací postupů chemické hydrolyzy celulózy, které však nejsou průmyslově využívány. Důvodem je nerentabilita postupů. Uvážíme-li, že suspenze celulózy se musí ohřát na více než 200 °C a toto teplo se po skončení hydrolyzy stává odpadním teplem, je ekonomická náročnost zcela pochopitelná.

Podstata vynálezu

Zmíněné nevýhody uvedených dosavadních technologií k získávání etanolu, ligninu a furalu řeší a odstraňuje způsob a zařízení ke komplexní výrobě bioetanolu z obnovitelných zdrojů -lignocelulóзовých materiálů, obilních nebo kukuřičných šrotů-, přičemž lignocelulóзовý materiál se nejprve hydrolyzuje za zvýšené teploty 160 až 215 °C a tlak 0,65 až 2,3 MPa v kyselém prostředí o pH 2 až 6, a pomocí vysokotlaké expanze se oddělí parní frakce, obsahující inhibitory kvašení, a od roztoku vzniklých zkvasitelných cukrů se oddělují nezreagované tuhé zbytky, které se vrací do termicko tlakové hydrolyzy, nebo se na ně dále působí celulólytickými enzymy, přičemž vzniká rozpustná glukóza a nerozpustný lignin, který se odděluje. Roztok glukózy se přidává do roztoku cukrů z hydrolyzy, ke kterému se současně kontinuálně přidává škrobový materiál a vše se podrobí amylolytické hydrolyze, přičemž z výsledné reakční směsi se oddělí tuhé částice, obsahující neškrobový podíl zrn, které se vrací do termicko-tlakové hydrolyzy. Glukóзовý roztok

se po úpravě pH, přidavku solí a živin a po úpravě koncentrace glukózy naředěním nezahuštěnými výpalky ze záparové kolony napouští přes výměník tepla do fermentoru. Fermentace je přítoková s vrácením separovaných kvasinek. Z fermentoru se po prokvašení glukózy na etanol a po oddělení kvasinek čerpá roztok na destilaci.

5

Teplota roztoku, přicházejícího z termicko tlakové hydrolýzy, je dostatečná pro dokonalé zmazovatění škrobu, přidaného do roztoku. Po jeho zmazovatění a úpravě teploty na optimum pro působení termostabilních amyláz velmi rychle proběhne štěpení škrobu na glukózu. Výhodou tohoto postupu je, že se využije teplo hydrolyzního roztoku a suspenze škrobu se nemusí

10

dodatečně ohřívat. Teplo glukózového roztoku, teplo z vysokotlaké expanze a teplo zahuštěných a nezahuštěných výpalků se využívá pro přehřátí nástřiku do záparové kolony. Teplo lúrové vody se využívá ke zlepšení energetické bilance termicko tlakové hydrolýzy. Odpadní teplo je tedy v pracovních technologických souborech využíváno a do ohřevného systému jsou doplňovány pouze ztráty technologické vody.

15

Destilace, rektifikace a případně odvodnění etanolu se provádí multitlakovým postupem. Tyto postupy šetří až 50 % energie.

20

Výhodnost vynálezu spočívá dále v tom, že řeší komplexní systém výroby bioetanolu v sedmi na sebe navazujících a vzájemně propojených pracovních souborech: 1. soubor je tvořen aparátou pro přípravu suroviny, 2. soubor tvoří termicko tlaková hydrolýza lignocelulózového materiálu, jejíž zvláštností je plnicí jednotka, která se skládá ze zásobníku materiálu, dvou šoupátek, plnicího a hydraulického válce, 3. soubor tvoří enzymatická hydrolýza celulózy, 4. soubor tvoří enzymatická hydrolýza škrobu, 5. soubor tvoří fermentace, 6. soubor tvoří destilace a rektifikace a 7. soubor tvoří vlastní ohřevný okruh pro hydrolyzní i rektifikační část. Dezintegrační linka lignocelulózového materiálu je připojena na plnicí jednotku pro různé druhy lignocelulózových zdrojů a opatřená zařízením pro nástřik tlakové vody k rozvolnění lignocelulózového materiálu. Nástřik tlakové vody je propojen na směšovací podavač přímo s plnicí jednotkou pro kontinuální vstup do hydrolyzního systému. Hydrolyzní systém je spojen s expandery, v nichž dochází k rozdělení na páry fází, která postupuje na rektifikaci a další úpravu, a roztok s tuhou fází, který je veden z expanderů na separátor, z kterého nezreagovaná tuhá fáze postupuje na enzymovou hydrolýzu, tvořenou jednotkou úpravy enzymů a separátorem, který je propojen s nádobou na přípravu fermentačního roztoku a míchaným zásobníkem ligninu. Separátor v enzymovém souboru zajišťuje současně recyklaci enzymů mezi separátorem a enzymovým hydrolyzérem. Variantně postupuje nezreagovaná tuhá fáze ze separátoru přes tlakové čerpadlo do termicko-tlakového hydrolyzéru.

25

30

35

40

45

50

Roztok glukózy po hydrolýze postupuje do reaktoru enzymové (amylolytické) hydrolýzy škrobu, ve kterém dochází ke zcukření škrobu na glukózu. Enzymový reaktor je propojen se separátorem tuhé fáze od roztoku. Tuhá fáze je vrácena na výstup ze separátoru nezreagované celulózy a alternativně zcukřena celulázami, nebo termicko-tlakově hydrolyzována. Ze separátoru glukózy a tuhé fáze je roztok glukózy veden na úpravu fermentačního roztoku, z kterého postupuje přes výměník tepla do fermentoru. Fermentor je propojen se separátorem kvasinek, z kterého se kvasinky vracejí do fermentoru a etanolový roztok se ohřívá ve výměníku tepla a dále je veden na destilaci, která je propojena s odparkou a rektifikačním zařízením, případně zařízením pro dehydrataci etanolu. Z odparky jsou vyvedeny zahuštěné výpalky. Odpadní vody z rektifikace etanolu a furalové části jsou zacyklovány pro dohřev v ohřevné jednotce k dalšímu využití v hydrolyzním a rektifikačním systému.

Výhodou způsobu a zařízení je především to, že proces hydrolyzní fermentační technologie výroby bioetanolu je řešen v jednom kompaktním výrobním celku a že využívá výhradně obnovitelných surovin. Zpracování těchto surovin není zaměřeno pouze na poměrně drahý škrob

(jako je tomu v USA při výrobě etanolu z kukuřice), ale využívá i o mnoho levnější celulóзовý materiál, který často bývá odpadem. Navržená komplexní technologie a zařízení zpracovává prakticky celou vzniklou biomasu bez významnějších odpadů.

- 5 Technologie je řešena tak, aby jednotlivé operace byly zcela provázané a tím jsou omezeny jak materiálové, tak hlavně energetické ztráty. Tepelná energie, dodaná do procesu hydrolýzy, se využívá v průběhu dalšího procesu a tím snižuje náklady na hydrolýzu, respekt. Na přípravu fermentačního roztoku.

- 10 Společným zpracováním celulóзовých a škrobových materiálů je dosaženo výrobní ceny etanolu značně nižší než při současných postupech.

Odpadní voda je v plné míře vracena do procesu, mimo vody ve zvlhčených produktech a oplachových vod.

- 15 Provázanost jednotlivých operací zvyšuje jejich účinnost. Např. zbytková celulóza, která prošla termicko-tlakovou hydrolýzou, je snadno štěpitelná celulázami, neboť došlo k rozvolnění jednotlivých vláken tak, že jsou zcela přístupná působení enzymů. Technologie řeší i variantní vracení nezreagované zbytkové celulózy do termicko-tlakového hydrolyzního procesu. Takto
20 navržená technologie zajistí výtěžnost glukózy z celulózy v rozsahu 75 až 85 %.

- Zředěná kyselina je pro proces hydrolýzy použita v rozsahu od 0,05 do 1 % hmotn. a není oproti jiným technologickým návrhům regenerována. Výhodně lze použít kyselinu fosforečnou, jejíž soli slouží při fermentaci jako živina. Za cenu mírného zpomalení procesu lze využít i vznikající
25 organické kyseliny (octová) a přídavek minerální kyseliny vyloučit.

- Vznikající vedlejší produkty (fural, reaktivní lignin a těkavé složky) jsou izolovány a připravovány k distribuci. Vedlejší produkty jsou cenné a pozitivně ovlivňují ekonomickou výhodnost technologie výroby etanolu.

30

Přehled obrázků na připojených výkresech

Obrázek č. 1.: Schéma komplexní výroby bioetanolu z obnovitelných zdrojů.

- 35 Obrázek č. 2.: Kontinuální hydrolyzér.

Obrázek č. 3.: Plnicí jednotka.

Obrázek č. 4.: Dekompresní jednotka.

- 40 Příklady provedení vynálezu

Příklad č. 1

- 45 Výroba bioetanolu, furalu a ligninu z 500 kg řepkové slámy v přepočtu na sušinu a z 500 kg obilního zrna za hodinu. Hodinová kapacita této linky činí 1000 kg vstupní suroviny.

- Lignocelulóзовý materiál (řepková sláma), určený ke zpracování, je přiváděn z dezintegračního souboru v hodinovém množství 500 kg do plnicí jednotky, odkud je plynule dávkován do
50 hydrolyzéru, který může mít jednu nebo více sekcí, jejichž ukončení je provedeno dekompresní jednotkou, která spolu s plnicí jednotkou tvoří s hydrolyzérem kompaktní celek. V plnicí jednotce je materiál zvlhčován tlakovou vodou v hydromodulu do 0,5, tj. na jeden kg suroviny

0,5 kg vody, horké 100 °C. Takto připravená suspenze je pod tlakem dávkovaná do hydrolyzéry, do kterého je současně nastříkována přehřátá tlaková voda, která zajišťuje vytvoření potřebné teploty 215 °C a tlaku 2,3 MPa (hydrolyzér je temperován a je možno do něho přivádět i přehřátou vodní páru). V hydrolyzéry je suspenze kontinuálně promíchávána a posouvána po dobu od 5 do 9 minut (doba zdržení). Množství tlakové vody, přivedené do hydrolyzéry, činí 1950 kg, celková hmota v hydrolyzéry je 2450 kg (tj. hydromodul cca 4). Z hydrolyzéry přes dvoustupňovou expanzi vystupuje suspenze, obsahující 168 kg glukózy, 39 kg ligninu a 40 kg nezreagované celulózy. V parní fázi je kromě vody 17 kg furalu a další těkavé látky (kyselina octová, mravenčí, metanol aj.). Po oddělení tuhé fáze ze suspenze se do horkého roztoku přidá 500 kg obilného šrotu a po zmazování škrobu a úpravě podmínek (pH a teplota), se přidá amololytický preparát. Po zhydrolyzování škrobu se oddělí tuhé částice, které se přidají k nezreagované celulóze a buď se vrátí do termickotlakové hydrolýzy, nebo se hydrolyzují pomocí celuláz. Glukóza, vzniklá celulolytickou hydrolýzou, se přidává do fermentačního roztoku. Celkem vznikne roztok, obsahující 482 kg glukózy, jejíž koncentrace byla upravena na 8-9 % hmotn. nezahuštěnými výpalky, a po přidání fosforečnanů a stopových prvků (Zn, Mg aj.) a po sterilizaci se fermentuje. Fermentace probíhá přítokovým způsobem s vrácením odseparovaných kvasinek. Po prokvašení na cca 5 % alkoholu se zápara vede přes výměník tepla, kde je přehřívána vstupním fermentačním roztokem, do záparové kolony. Páry etanolu (40 % etanolu) se vedou do rektifikační kolony, výpalky se částečně zahušťují, částečně vrací do procesu (jako promývací voda filtračního koláče po oddělení tuhé fáze po hydrolýze celulózy a škrobu a jako ředící voda fermentační kapaliny). Lutrová voda se využívá jako nástřik do termicko-tlakové hydrolýzy. Teplo, uvolněné expanzí po termicko-tlakové hydrolýze, se využívá pro sterilizaci fermentačního média a pro přehřívání zápary.

Hodinový kapacitní výstup z této linky činí u hlavních produktů:

--	bioetanolu z řepkové slámy	127 kg
--	bioetanolu z obilního zrna	162 kg
	celkem etanol	289 kg
--	ligninu	39 kg
--	furalu	17 kg

Příklad č. 2

Zařízení na obr. 1, sestává z dezintegrátoru 1, který je tvořen řezačkou pro rozmělnění lignocelulózového materiálu (LCM), podávacím zařízením a magnetickým separátorem. Magnetický separátor je spojen pomocí transportéru s prstovým vkladačem, opatřeným regulačním zařízením, v jehož části je umístěno dávkovací zařízení, které je napojeno na směšovací podavač LCM, opatřený vyhřívacím zařízením. Vyhřívací zařízení je propojeno dopravníkem - dopravním pásem s plnicí jednotkou 28, která je tvořena zásobníkem 30 materiálu, dvěma plochými šoupátky 31, plnicím válcem 32 a hydraulickým válcem 33 pro vstup LCM do hydrolyzního souboru 2. Z hydrolyzního souboru 2 je výstup parní fáze napojen na vysokotlaký expandér 3, ze kterého je suspenze vedena do atmosférického expandéru 4. Atmosférický expandér 4 je ve své spodní části spojen s aparátem 9 pro úpravu a separaci tuhé fáze v roztoku. Expandéry 3 a 4 jsou propojeny s trubkovým prostorem výměníku 5 a 6, z nichž je parní fáze vedena na zařízení 8, určené pro dělení parní furalové a kyselinové frakce. Tuhé zbytky z aparátu 9 jsou variantně zpracovávány na glukózu přímou vratkou přes tlakové čerpadlo do hydrolyzního souboru 2, nebo je tuhá lignocelulózová zbytková fáze z aparátu 9 vedena na enzymový hydrolyzér 11 celulózy, který je propojen se zařízením 10 pro přípravu enzymů a separátorem 12, určeným pro oddělení ligninu po enzymové hydrolýze. Lignin ze separátoru 12 postupuje do míchaného zásobníku 13. Aparát 9 je dále napojen na enzymový hydrolyzér 14 škrobu, který je propojen s aparátem 15 pro přípravu drceného zrna (obilí aj). a aparátem 16 pro přípravu enzymů amylázy. Ze separátoru 12 je glukóza čerpána do aparátu 18 pro úpravu

fermentačního roztoku. Enzymový hydrolyzér 14 škrobu je propojen se separátorem 17, u něhož výstup tuhé fáze je propojen se výstup aparátu 9 a roztok glukózy postupuje do aparátu 18 pro úpravu fermentačního média, na který navazuje výměník 19 tepla, který je propojen s fermentorem 20. Fermentor 20 je propojen se separátorem 21 kvasinek. Separátor 21 kvasinek je propojen s výměníkem 19 tepla, který je napojen na aparát 22 destilace, který je propojen s odparkou 23 a zařízením 24 pro rektifikaci. Zařízení 24 pro rektifikaci i odparka 23 je propojena s ohřevnou jednotkou 25.

V zařízení je výhodně umístěn přívod lutrové vody v přímém recyklu, s možností propojení přes akumulární zásobník technologické vody do kotle ohřevné jednotky pro dohřev topné tlakové vody pro hydrolyzní soubor 2. Do akumulárního zásobníku 7 jsou vedeny zbytkové vody po rektifikaci a dělení složek ze zařízení 8, 24 a odparky 23.

15 Průmyslová využitelnost

Vynález lze využít k výrobě bioetanolu a vedlejších produktů při komplexním a efektivním zpracování obnovitelných nefosilních zdrojů, zejména v zemědělsko-potravinářském a petrochemickém průmyslu.

20

25 **PATENTOVÉ NÁROKY**

25

1. Způsob pro komplexní výrobu biotanolu z obnovitelných zdrojů, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že se současně zpracovává lignocelulózový a škrobový materiál, přičemž lignocelulózový materiál se nejprve hydrolyzuje za zvýšené teploty 160 až 215 °C a tlaku 0,65 až 2,3 MPa v kyselém prostředí o pH 2 až 6, a pomocí vysokotlaké expanze se oddělí parní frakce, obsahující inhibitory kvašení, a od roztoku vzniklých zkrasitelných cukrů se oddělují nezreagované tuhé zbytky, načež se k roztoku cukrů kontinuálně přidává škrobový materiál a vše se podrobí amylolytické hydrolyze, přičemž z výsledné reakční směsi se oddělí tuhé částice, obsahující neškrobový podíl zrn, které se vrací do termicko-tlakové hydrolyzy, a glukózový roztok se doplní o nezbytné živiny, nutné pro optimální průběh alkoholové fermentace, a čerpá se přes výměník tepla do fermentoru, odkud se po prokvašení glukózy na etanol a po oddělení kvasinek čerpá na destilaci.

2. Způsob podle nároku 1, **v y z n a č e n ý t í m**, že se pro urychlení termicko-tlakové hydrolyzy dále navíc používá minerální kyselina, výhodně kyselina fosforečná v koncentraci 0,05 až 1 % hmotn.,

3. Způsob podle nároků 1 až 2, **v y z n a č e n ý t í m**, že se vysokotlaká expanze provádí v rozmezí teplot od 115 do 225 °C při tlaku od 0,2 do 2,5 MPa a kondenzační teplo parní fáze se využije při procesu přípravy fermentačního roztoku, jeho sterilizaci nebo destilaci a rektifikaci etanolu.

4. Způsob podle některého z nároků 1 až 3, **v y z n a č e n ý t í m**, že škrobový materiál, např. obilný šrot, se disperguje v roztoku glukózy z termicko-tlakové hydrolyzy, který se upraví na pH od 4,5 do 7,5 a teplotu od 30 do 90 °C.

5. Způsob podle některého z nároků 1 až 4, **v y z n a č e n ý t í m**, že roztok, obsahující glukózu z termicko-tlakové hydrolyzy, z hydrolyzy celulózy pomocí celulytických enzymů a

amylolytické hydrolýzy škrobu, se upraví na pH od 4 do 6, přičemž se vedle kvasinek přidají nezbytné živiny, jako je fosforečnan, nebo kyselina fosforečná v množství, poskytující výslednou koncentraci od 0,05 do 1 % hmotn., a stopové prvky na výslednou koncentraci od 0,1 do 100 ppm v konečném roztoku.

5

6. Způsob podle některého z nároků 1 až 5, **vyznačený tím**, že fermentační roztok se ředí nezahuštěnými výpalky ze záparové kolony na výslednou koncentraci glukózy od 5 do 35 % hmotn..

10

7. Způsob podle některého z nároků 1 až 6, **vyznačený tím**, že se jako část vody do termicko-tlakové hydrolýzy přidává lurová voda, odpadající z rektifikace etanolu, a část nezahuštěných výpalků ze záparové kolony.

15

8. Způsob podle některého z nároků 1 až 7, **vyznačený tím**, že se tuhé zbytky po amylolytické hydrolýze škrobu spojí s nezreagovanými tuhými zbytky z termicko-tlakové hydrolýzy a společně se vrací do termicko-tlakové hydrolýzy, nebo se na ně působí celulólytickými enzymy.

20

9. Zařízení pro provádění způsobu podle některého z nároků 1 až 8, **vyznačený tím**, že sestává z dezintegrátoru (1) vstupní suroviny, propojeného s plnicí jednotkou (28), která je tvořena zásobníkem (30) materiálu, šoupátky (31), plnicím válcem (32) a hydraulickým válcem (33), pro vstup lignocelulózového materiálu do hydrolyzního souboru (2), z něhož je výstup napojen na vysokotlakový expandér (3), z kterého je suspenze vedena do atmosférického expandéru (4), jehož spodní část je spojena s aparátem (9) pro úpravu a separaci tuhé fáze a roztoku, přičemž expandéry (3, 4) jsou propojeny s trubkovým prostorem výměníků (5, 6), z nichž je parní fáze vedena na zařízení (8), určené pro dělení parní furalové a kyselinové fáze, tuhé zbytky z aparátu (9) jsou variantně zpracovávány na glukózu přímou vratkou přes tlakové čerpadlo do hydrolyzního souboru (2), anebo je tuhá lignocelulózová zbytková fáze z aparátu (9) vedena na enzymový hydrolyzér (11) celulózy, který je propojen, se zařízením (10) pro přípravu enzymů a separátorem (12), určeným pro oddělení ligninu po enzymové hydrolýze, přičemž lignin postupuje do míchaného zásobníku (13) a roztok glukózy do aparátu (18) pro přípravu fermentačního roztoku, aparát (9) pro úpravu a separaci je dále napojen na enzymový hydrolyzér (14) škrobu, který je propojen s aparátem (15) pro přípravu drceného zrna (např. obilí) a aparátem (16) pro přípravu enzymu amylázy, enzymový hydrolyzér (14) škrobu je propojen se separátorem (17), z něhož výstup tuhé fáze je napojen na výstup aparátu (9) a výstup roztoku na aparát (18) pro úpravu fermentačního média, na který navazuje výměník (19) tepla, který je propojen s fermentorem (20), a ten je přes separátor (21) kvasinek propojen s výměníkem (19) tepla, který je napojen na aparát (22) destilace, který je propojen s odparkou (23) a zařízením (24) pro rektifikaci etanolu, a všechny tři aparáty jsou propojeny s ohřevnou jednotkou (25).

40

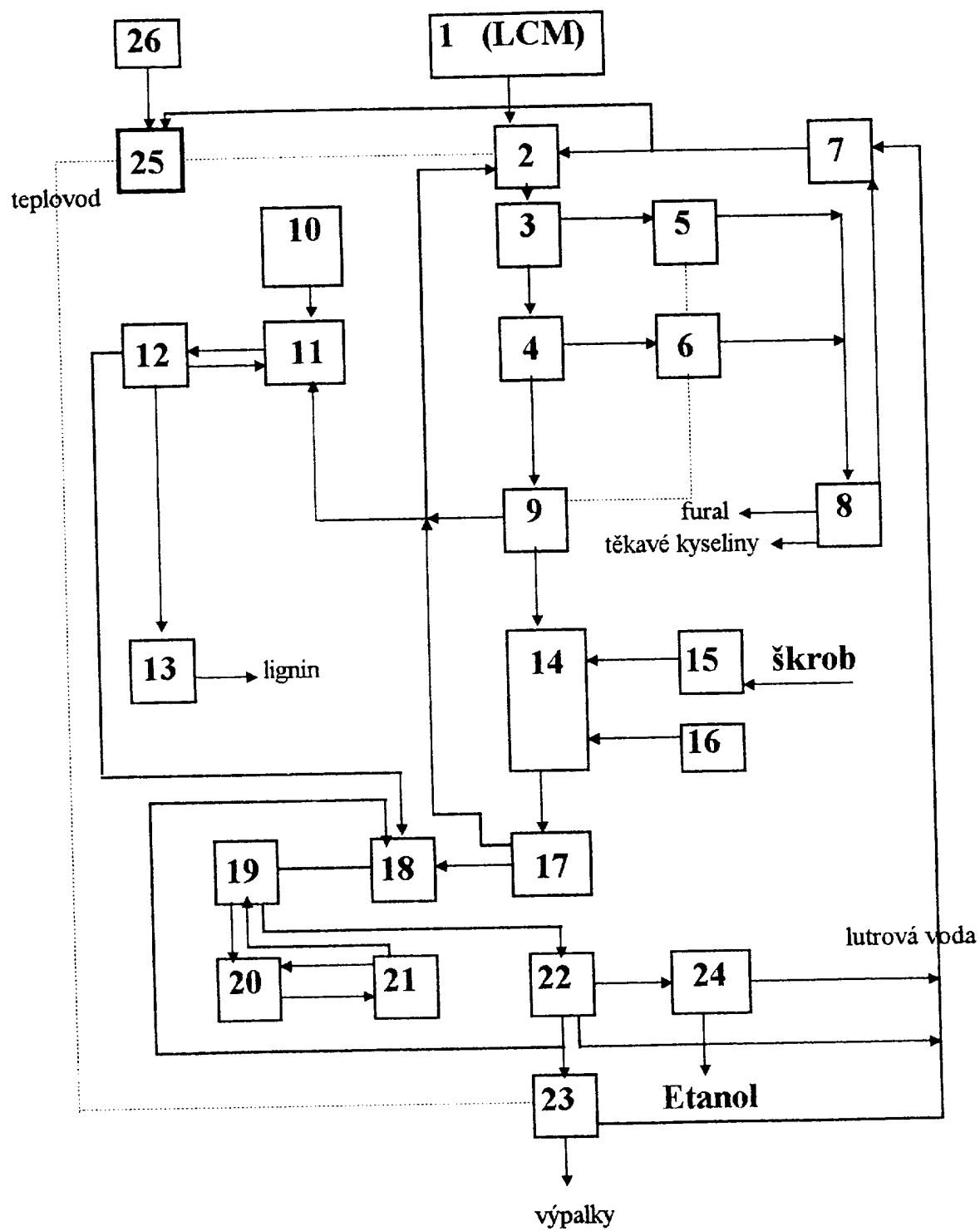
10. Zařízení podle nároku 9, **vyznačující se tím**, že jako plnicí jednotka (28) a/nebo dekompresní jednotka (29) se používá zařízení, sestávající ze zásobníku (30) vstupního materiálu, který je uložen nad vstupním hrdlem hydrolyzéru (27), a je opatřen vyhrnovacím šnekem, přičemž na přírubu výstupního konce je připevněno plnicí čerpadlo, poháněné hydraulicky, sestávající ze dvou plochých šoupátek (31), plnicího válce (32) a hydraulického válce (33).

45

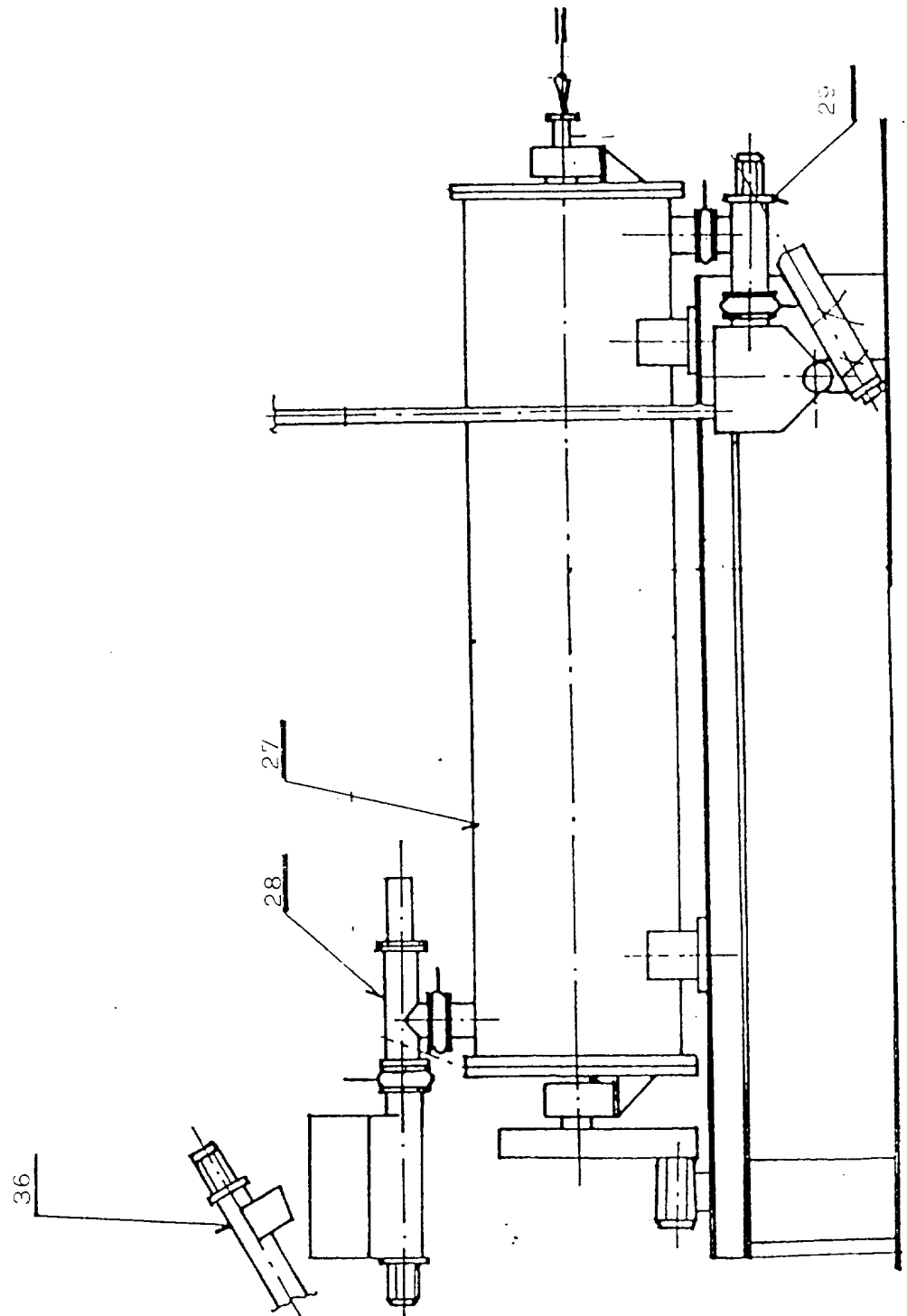
11. Zařízení podle nároků 9 a 10, **vyznačující se tím**, že zařízení (24) pro rektifikaci etanolu a zařízení (8) pro dělení parní fáze je propojeno potrubním vedením s akumulacním zásobníkem (7).

50

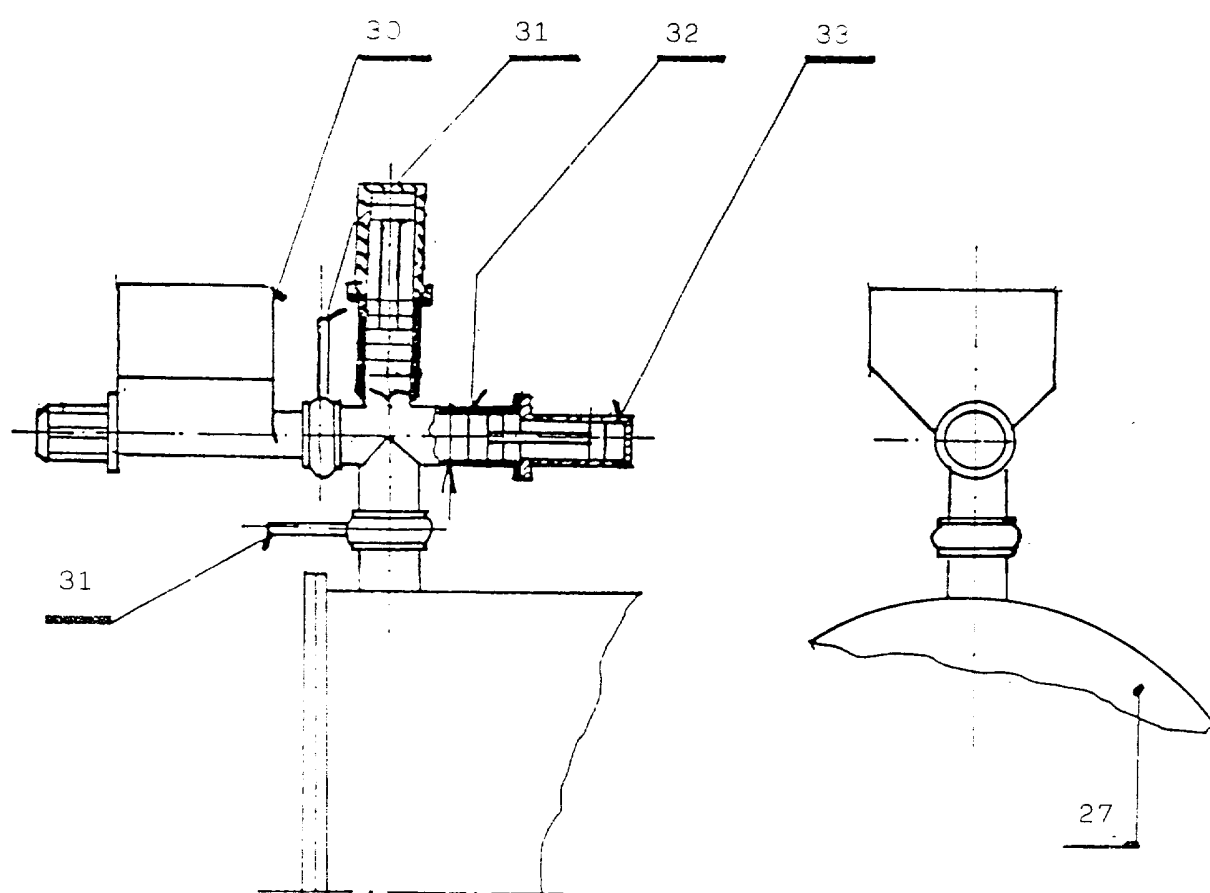
Obrázek 1



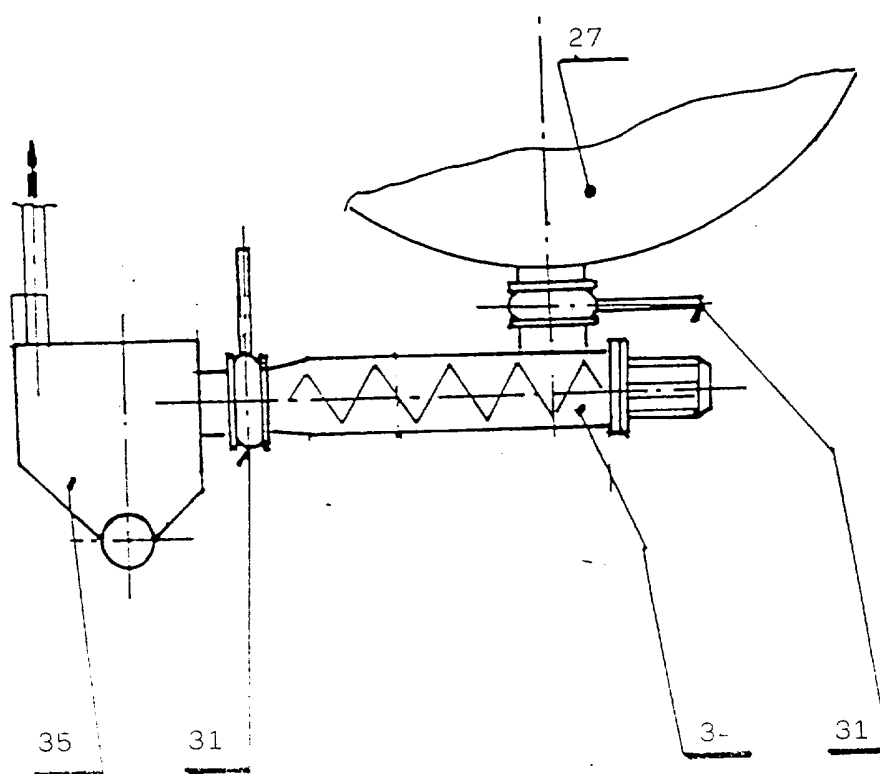
Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4



Konec dokumentu