

# UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

## 32 201

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

**B01J 19/08** (2006.01)

**B01J 19/24** (2006.01)

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2018-35347**  
(22) Přihlášeno: **15.09.2018**  
(47) Zapsáno: **16.10.2018**

- (73) Majitel:  
Masarykova univerzita, Brno, Brno-město, CZ
- (72) Původce:  
doc. RNDr. Pavel Pazdera, CSc., Viničné Šumice,  
CZ  
Mgr. Dana Němečková, Ph.D., Brno, Slatina, CZ  
RNDr. Eva Havránková, Moravská Nová Ves, CZ  
RNDr. Mgr. Jan Šimbera, Ph.D., Brno, Žabovřesky,  
CZ  
RNDr. Richard Ševčík, Ph.D., Brno, Bystrc, CZ
- (74) Zástupce:  
HARBER IP s.r.o., Na bělidle 64/3, 150 00 Praha 5,  
Smíchov

- (54) Název užitného vzoru:  
**Průtokový reaktor s mikrovlnným zdrojem  
a katalytickým ložem**

CZ 32201 U1

## Průtokový reaktor s mikrovlnným zdrojem a katalytickým ložem

### 5 Oblast techniky

Technické řešení se týká průtokového reaktoru s mikrovlnným zdrojem a katalytickým ložem. Zařízení je vhodné především k chemickým syntetickým procesům realizovaným v malotonážním měřítku pro produkci chemických a farmaceutických speciálních chemikálií.

10

### Dosavadní stav techniky

Použití mikrovln k akceleraci syntetických procesů je známo několik desítek let. Dosavadní řešení syntéz podporovaných mikrovlnami a realizovaných v roztoku je založeno na dvou typech reaktorů – reakčních nádob. Otevřený vsázkový reakční systém umístěný v prostoru s mikrovlnným zářením, který je opatřen zpětným chladičem (např. RM-800 microwave reactor (Plazmatronika, Poland); Apex - Atmospheric pressure Microwave Synthesis (ProSense B.V., Netherland); WBFY~205 microwave chemical reactor (Zhengzhou Keda Machinery and Instrument Equipment Co., Ltd., China)) nebo uzavřený vsázkový vysokotlaký reakční teflonový kontejner s možností přítomnosti katalytického lože nebo provedení reakce bez rozpouštědel (např. Monowave series, Multiwave PRO SOLV and Masterwave BTR (ANTON PAAR CANADA INC.); The Biotage® Initiator Microwave Reactor (KTH, U. K.)). Ani jeden z obou uvedených typů reaktorů není průtokový. Cena uvedených zařízení se podle velikosti pohybuje kolem 1 až 2 mil. Kč.

Jiným odlišným řešením pro intenzifikaci chemických syntetických procesů je použití ultrakapilárních průtokových mikroreaktorů. Akcelerace syntetického procesu je zde dosaženo aplikací vysokých tlaků (minimálně 10 MPa) a teplot cca 300 °C na fluidní reakční směs v ultratenkých kapilárních prostorech. Proces může probíhat za přítomnosti katalyzátoru nebo účinkem mikrovln či ultrazvuku (přehledy: Microreactor technology, Aldrich ChemFiles Vol. 5, No. 7 (2005); Geyer, K. and Seeberger, P.H. Microreactors as the Key to the Chemistry Laboratory of the Future. Sborník „Systems Chemistry, May 26th – 30th, 2008, Bozen, Italy“, 87; Jan Macioszczyk *et al.* Microfluidical Microwave Reactor for Synthesis of Gold Nanoparticles. *Micromachines* 2017, 8, 318; doi:10.3390/mi8110318). Vzhledem k fyzikálním podmínkám, při kterých zařízení pracují, jsou potřeba k jejich konstrukci vysoce sofistikované materiály, často kompozitní, jako jsou speciální oceli, skla, keramika, slitiny neželezných kovů, speciální organické polymery apod. Tyto materiály jsou velmi drahé, dalším problémem je výroba malých přesných dílů, problém jejich stabilního odolného spojování a utěsnění spojů. To vše vede k tomu, že pořizovací cena zařízení je řádově v milionech Kč, provozní náklady a servis jsou rovněž velmi vysoké.

### 45 Podstata technického řešení

Předmětem technického řešení je průtokový chemický reaktor s mikrovlnným zdrojem a katalytickým ložem pro produkci chemických a farmaceutických speciálních chemikálií v malotonážním měřítku. Podstatou funkce reaktoru podle předkládaného řešení je aktivace molekul reagentů působením mikrovln a/nebo účinkem katalyzátoru v průtočném reakčním prostoru s objemem řádově nižším, než je celkový objem reakční směsi, a to při tlaku a teplotě s hodnotami blízkými standardním.

Průtokový reaktor s mikrovlnným zdrojem a katalytickým ložem podle předkládaného technického řešení obsahuje zásobní těleso, k němuž je hadicí připojeno septum pro dávkovací injektor a injektor pro odběr vzorků, následně obsahuje hadicí v sérii připojený průtokoměr

55

a sériově hadicí připojené čerpadlo, s nímž je hadicí spojena reakční nádoba, obsahující katalytické lože, která je umístěna v uzavřeném mikrovlnném zdroji a hadicí spojena s mimo prostor mikrovlnného zdroje umístěný a přes spoj T zapojený manostat a manometr, a reakční nádoba je dále spojena s alespoň jedním vstupem alespoň jednoho filtru pevných částic umístěného mimo prostor mikrovlnného zdroje, přičemž výstup filtru pevných částic je hadicí připojen k zásobnímu tělesu.

Popsané spojení a pořadí součástí reaktoru zároveň odpovídá cirkulaci reakční směsi reaktorem a jejím směru. Pokud jsou v popisu používány termíny „před“ a „za“, vztahují se ke směru cirkulace reakční směsi v reaktoru.

Reagenty jsou do reakčního prostoru vnášeny ze zásobního tělesa buď v roztoku rozpouštědla, nebo vzájemně tvoří roztok, případně jeden z reagentů může být dávkován samostatně do reakční směsi těsně před reakčním prostorem prostřednictvím dávkovacího injektoru.

Zásobní těleso má s výhodou objem v rozmezí 2 až 200 litrů. Tímto zásobním tělesem může být zásobní těleso uspořádané tak, že zahrnuje plášť a víko, je vybaveno temperační spirálou a popřípadě i míchadlem, přičemž ve víku je uspořádán alespoň jeden plnicí otvor a v dolní části zásobního tělesa je umístěna výpust'. Toto uspořádání zásobního tělesa je popsáno například v UV 24590.

Alternativně může být zásobním tělesem stavebnicový modulární zásobník. Jednotlivé díly stavebnicového zásobníku (moduly), s výhodou o objemu 5 až 20 litrů, mají tvar hranolu s obdélníkovými podstavami, dvěma protilehlými obdélníkovými bočními stěnami a dvěma protilehlými lichoběžníkovými bočními stěnami. Mají tedy obdélníkový půdorys, čelní stěna je ve tvaru obdélníku, bokorys má tvar rovnoramenného lichoběžníku (viz také Obr. 2). Jednotlivé moduly jsou v zásobním tělese s výhodou umístěny vertikálně nad sebe a/nebo v horizontální rovině vedle sebe, s výhodou na pokladovém soklu, tak, že podstavy jsou umístěny kolmo k horizontální ose modulu. Je použito tolik modulů, aby byl vytvořen zásobník s požadovaným objemem. Lichoběžníkový bokorys umožňuje dosažení nejnižší hladiny pro odvod kapalné reakční směsi na cirkulační čerpadlo, resp. na výpustný ventil. Každý modul s výhodou obsahuje tři spojovací operační otvory; vertikální spojovací vypouštěcí otvor, vertikální spojovací napouštěcí otvor a horizontální spojovací otvor. Vypouštěcí otvor se nachází v nejnižším pracovním bodu modulu a napouštěcí je umístěn tělesově uhlopříčně k otvoru vypouštěcímu. Oba uvedené otvory jsou situovány tak, aby vzdálenost mezi nimi byla co největší, a slouží k propojení dvou sousedních modulů na výšku, vertikálně.

Horizontální operační otvor slouží k propojení dvou sousedních modulů v horizontální rovině a je situován u dolního okraje plochy, kterou k sobě přiléhají sousedící moduly, a tak, aby byl, co nejdál od operačních otvorů vertikálních. Propojení dvou sousedních modulů může být opatřeno kulovými ventily pro jejich snadné odpojení.

Uvedené uspořádání operačních otvorů optimalizuje proudění reakční kapaliny v modulárním zásobníku tak, aby se maximálně zamezilo vytváření stacionárních „mrtvých“ objemových zón, a to bez použití dalších iniciátorů proudění (míchadla, čerpadla).

Plášť jednotlivých modulů je s výhodou vyroben z polypropylénu (PP) nebo polyetylénu (PE), stejně jako propojovací spojky mezi moduly. Oba uvedené materiály se jeví jako nejvhodnější s ohledem na jejich chemickou, mechanickou a tepelnou odolnost, nenáročnost při opracovávání, nízkou cenu a nízkou hmotnost, která usnadňuje manipulaci. Lze však použít i jiné materiály, např. nerezovou ocel, smaltovanou ocel nebo sklo.

Zásobní modul umístěný nejbližší k septu a cirkulačnímu čerpadlu může obsahovat temperační spirálu z PP nebo PE (s výhodou polyetylénu vysoké hustoty, HDPE), která může být napojena na zdroj chladicího nebo ohřívacího média, čímž je umožněna temperace reakční směsi před

vstupem do reakčního prostoru, resp. při přípravě reakčního roztoku.

- 5 Plášť zásobního modulu může být opatřen jedním nebo více uzavíratelnými otvory, které jsou například opatřeny přírubami uzavíratelnými zásepky a využitelnými pro připojení vedení (potrubí) pro vnášení pevných reagentů, přísun dalších reaktantů, výchozích látek nebo rozpouštědel. V případě potřeby je možné standardní neprůhledné zásepky vyměnit za průhledná okénka, čímž je umožněna vizuální kontrola obsahu zásobního tělesa. Ve spodní části zásobního
- 10 tělesa je umístěna výpusť, kterou je kapalná reakční směs odváděna ze zásobního tělesa.

Ze zásobního tělesa je reakční kapalina, s výhodou přes ventilovou rozbočku, sestávající z jednoho uzavíratelného kulového ventilu a jednoho vypouštěcího/ plnicího ventilu, vedena k čerpadlu, které zabezpečuje cirkulaci kapaliny v celém systému. Před čerpadlem trubice

15 obsahuje septum s pístovým dávkovacím zařízením (injektorem) pro dávkování případného dalšího reagentu a injektorem pro odběr vzorku reakční směsi k analýze připojené přes septum z materiálu odolnému vůči působení reakční směsi. Před septem a za ním mohou být umístěny uzavíratelné kulové ventily.

- 20 Ve výhodném provedení technického řešení se jako čerpadlo použije čerpadlo membránového typu, s výhodou s membránou chráněnou tetrafluoropolyethylenovou PTFE nebo obdobnou vrstvou, kde kapalina nepřichází do styku s žádnými kovovými nebo mazanými součástmi (ložiska apod.) a nedochází tak ke kontaminaci proudící kapaliny mazivy a podobným nečistotami.

- 25 V případě požadavku na větší odolnost čerpadla je v jiném výhodném provedení možné využívat také vzduchomembránová čerpadla nebo čerpadla peristaltického typu.

Za čerpadlem může být umístěna ventilová rozbočka, přes kterou může být celý systém snadno vyprázdněn.

30

Působením čerpadla je reakční směs dále vedena do aktivní zóny, vlastní reakční nádoby, která je umístěna v mikrovlnném zařízení. Jako mikrovlnné zařízení může být využita například i kuchyňská mikrovlnná trouba opatřená ve svrchní části dvěma otvory pro zavedení vstupní a výstupní trubice napojené na reakční nádobu s uzemněnými dutými kovovými kryty chránícími

35 obsluhu před účinkem mikrovlnného záření. Výkon mikrovln kuchyňské mikrovlnné trouby je max. 500 W a je skokově regulovatelný s výkonem 100 až 10 % a vnitřní pracovní objem zařízení je pak 5 až 15 litrů.

40 Reakční nádoba kulového nebo válcového nebo spirálového tvaru může být vyrobená například z varného skla nebo s výhodou z polypropylénu, pro reakce probíhající při teplotách vyšších než 150 °C je vyrobena z varného, křemenného skla nebo křemene, s výhodou o objemu 0,2 až 1 litr. Reakční roztok může být do kulovité nebo válcové reakční nádoby s výhodou veden zúženou přívodní trubicí do nejnižšího bodu nádoby tak, aby bylo způsobeno maximální víření v celém jejím objemu a tím lepší mísení reakční směsi.

45

V reakční nádobě je katalytické lože, v němž, pokud je to pro akceleraci reakce výhodné, může být umístěn heterogenní katalyzátor nebo katalyzátor na pevné fázi. Katalyzátor je v reakční nádobě kulového nebo válcového tvaru umístěn v katalytickém loži v hypermolekulárním množství vzhledem k reagentům v daném okamžiku přítomným v reakčním prostoru a je s výhodou

50 umístěn v propustném porézním obalu, jakým může být sáček nebo patrona z chemicky a vůči mikrovlnám indiferentní tkaniny nebo uzavřená perforovaná nádoba s různou flexibilitou povrchu, s výhodou o vnitřním objemu 50 až 800 mililitrů, s výhodou vyrobená ze skelné tkaniny nebo z perforovaného polypropylénu. Pokud je katalyzátor umístěn v reakční nádobě spirálového tvaru, je v prostoru vstupu a výstupu ze spirály uzavřen skleněnou nebo polypropylénovou vatou,

55 nebo s výhodou perforovanou polypropylénovou zátkou.

Reaktor může pracovat ve třech pracovních režimech.

5 První pracovní režim využívá pouze mikrovlnný zdroj. Tento režim je vhodný především k chemickým syntetickým procesům, kterých se účastní buď polární nebo polarizovatelné reagenty, tj. organické nebo anorganické molekuly obsahující polární nebo polarizovatelné vazby např. C=O, C=N, C=S, C-O, C-N, N-O, C-S, C-halogen, P-halogen, S-halogen, O-H, N-H, S-H. Tyto procesy obvykle probíhají za zvýšené teploty, popř. pod refluxem. Při reakci je pak  
10 výhodnější, pokud to vlastnosti reaktantů umožňují, použití nepolárního než polárního rozpouštědla, kdy absorpce mikrovln nastává hlavně na polárních vazbách reagentů a rozpouštědlo se nepřehřívá.

Druhý pracovní režim využívá jak mikrovlnný zdroj, tak i katalytické lože. Tento režim je  
15 výhodný pro syntetické procesy, kde mikrovlnný ohřev dostatečně chemický proces neakceleruje a je potřebné reakci katalyzovat. Při tom velmi často dochází k synergii mezi mikrovlnným ohřevem a katalýzou.

Třetí pracovní režim využívá pouze katalytické lože. Ten je výhodný v případech, kdy akcelerace  
20 katalýzou je dostatečná a reakce nevyžadují klasický nebo mikrovlnný ohřev. Katalytické lože v režimu využívajícím katalytického lože obvykle obsahuje heterogenní katalyzátor, výhodně katalyzátor na bázi iontu či komplexního iontu kovu imobilizovaného na pevném nosiči, tedy na slabě kyselé katexové pryskyřici (síťovaný polyakrylát), například popsany v českém patentu CZ 305277. Výhodným katalyzátorem je také kation Ce(III) pro aktivaci karbonylové a podobné skupiny, Michaelových akceptorů (např. methyl-akrylát) a dalších podobných elektrofilních reagentů pro reakci s nukleofily. Imobilizovaný vysoce stabilní kation Cu(I) je vhodný pro  
25 katalýzu tvorby vazeb C-C, C-N, C-O, C-S, a syntetické „Click“ procesy. Katalytické lože může alternativně obsahovat imobilizovaný katalyzátor popsany v českém patentu CZ 303987, případně katalyzátor popsany v českém patentu CZ 305316.

Před vstup do reakčního prostoru s mikrovlnným zdrojem a/nebo katalytickým ložem může být  
30 popřípadě umístěn průtokový reaktor s ultrasonikačním zdrojem, popsany v českém užitém vzoru CZ 24590, který je vhodný pro heterogenní reakce za podmínek kapalina (reakční roztok) – tuhá fáze (anorganická báze), které jsou řízené difuzí, jako jsou např. ultrasonikační deprotonace slabých kyselin, jako jsou OH, SH, NH, CH, v roztoku aprotického rozpouštědla v přítomnosti tuhé báze (např. KOH, NaOH, Ca(OH)<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, CaO, CaCO<sub>3</sub>, alkoholáty, amid sodný). Generované C-, N-, O-, S-, C-anionty a podobné aniontové nukleofily pak mohou reagovat v reakčním prostoru osazeném mikrovlnným zdrojem a/nebo katalytickým ložem.

40 Z reakční baňky je kapalina odváděna k filtru pevných částic, který je s výhodou nasazen přímo nad reakční nádobou mimo prostor s mikrovlnami. Širší odvodní trubice, jejíž ústí je vzdáleno dále ode dna baňky než ústí přívodní trubice, má snižovat unášení případných pevných částic z reakční baňky a napomáhat tak funkci filtru pevných částic.

45 Filtr pevných částic je ve výhodném provedení technického řešení filtr cyklonové konstrukce (cyklod). Principem filtru je oddělování pevných částic v cyklonovém víření na základě rozdílné hmotnosti částic oproti hmotnosti (hustotě) kapaliny. Filtr slouží k separaci pevných částic unášených z reakční zóny. Těmito částicemi mohou být požadovaný produkt syntézy, vedlejší produkt(y), popř. jejich směs. Filtr může být optimalizován zejména pro separaci látek těžších než rozpouštědlo, které klesají po stěně filtru dolů, ale jeho konstrukce může i zabraňovat unášení  
50 látek, které jsou lehčí než rozpouštědlo, tyto lehké látky se hromadí v horní části filtru, protože ústí odvodní trubice je umístěno ve střední části filtru. Jakmile je filtr zanesen pevnými částicemi, lze tyto pomocí ventilu vypustit zpět do reakční baňky. Filtr se navíc dá snadno čistit přes odnímatelný horní díl. Těleso filtru je s výhodou vyrobeno z polypropylenu, těsnění jsou  
55 s výhodou gumová.

Nebo může být s výhodou použit polypropylénový lamelový filtr. Výhodou lamelových filtrů je robustní konstrukce těla a jednoduchá možnost čištění díky matici, která umožní uvolnění lamel. Filtr má připravený závit pro odkalovací ventil. Pro snadnější čištění lamelové filtrační vložky je výhodné pro plynulé provedení cirkulačního procesu osazení filtrace dvěma paralelními filtry s možností jejich odstavení kulovými uzavíratelnými ventily.

Kapalina je následně z filtru odváděna hadicí zpět k zásobníku.

Ve výhodném provedení technického řešení jsou propojovací trubice cirkulačního okruhu vyrobeny z polyetylénu vysoké hustoty (HDPE). Jedná se o systém se širokým použitím v průmyslu, který je navíc certifikován i pro použití na zařízeních přicházejících do styku s potravinami a poživatinami a materiály tedy neobsahují nepřípustné příměsi prvků, sloučenin, maziv apod., které by mohly kontaminovat reakční směs nebo dokonce působit jako inhibitory probíhajících reakcí.

Čerpadlo, dávkovací injektor, injektor pro odběr vzorků k analýze, mikrovlnné zařízení, reakční nádoba a filtr pevných částic, manostat, případně i ventilová rozbočka, jsou ve výhodném provedení technického řešení umístěny v konstrukci z kovových nebo kompozitních profilů, čímž je usnadněna manipulace s celým zařízením.

Reaktor pracuje tak, že reakční směs se nasadí do modulárního zásobního tělesa, z něž se pak pomocí čerpadla kontinuálně odvádí do reakčního prostoru, v němž se reakční směs podrobí působení mikrovln a/nebo katalýze. Z reakční nádoby se reakční směs dále odvádí zpět do modulárního zásobníku, případně přes filtr pevných částic. Protože celý systém je průtokový a kontinuální, postupně projde celý objem reakční směsi reakčním prostorem s vysokou iniciační/akcelerační aktivitou o objemu řádově menším, než je celkový objem reakční směsi. A to při tlaku a teplotě s hodnotami blízkými standardním. Přitom však stačí malá kuchyňská mikrovlnná trouba o nízkém výkonu, na rozdíl od stacionárních reakčních systémů známých ve stavu techniky, kde jsou potřeba buď mikrovlnná zařízení o objemu větším, než je objem reakční směsi, nebo zařízení pracující při velmi vysokých tlacích a teplotách.

Výhodou technického řešení podle užitého vzoru je zejména široká variabilita objemu modulárního zásobníku, vlastní reakční nádoby i mikrovlnného zařízení tak, aby pořizovací cena celého zařízení byla optimální. Výhodou je rovněž použití převážně levných a lehkých konstrukčních materiálů, které umožňují vysokou flexibilitu zacházení se zařízením, jeho rekonstrukci a celkovou manipulaci. Použitý materiál je z environmentálního hlediska i ekonomiky recyklovatelný.

V zařízení podle předkládaného technického řešení se akcelerace či intenzifikace chemického procesu odehrává v malém reakčním objemu většinou při obvyklých hodnotách tlaku a teploty, kde je reakční roztok vystaven účinku mikrovlnného záření o výkonu 50 až 500 W a/nebo působení katalyzátoru umístěného v katalytickém loži v hypermolárním množství vzhledem k okamžitému molárnímu množství reagentů přítomných v reakčním prostoru. Obsah zařízení není uvnitř mikrovlnami ozařovaného prostoru v kontaktu s atmosférou (riziko požáru nebo výbuchu je tak vyloučeno), chlazení se odehrává mimo tento prostor a objem reakčního roztoku umístěného mimo reakční prostor při reálném provedení reakce do 24 h může být podle použitého průtoku čerpadla až 1000 litrů. Katalytické lože pro pevný heterogenní katalyzátor nebo katalyzátor na pevném nosiči je technicky vyřešeno tak, aby nedošlo k unášení katalyzátoru mimo reakční prostor. Takovými provozními možnostmi dosud známé shora uvedené reaktory zdaleka nedisponují.

Objasnění výkresů

- Obrázek 1 je schematické znázornění zapojení průtokového reaktoru.  
 5 Obrázek 2 je schematické znázornění modulárního stavebnicového zásobního tělesa.

Příklad uskutečnění technického řešení

- 10 Na Obrázku 1 je znázorněn příklad provedení průtokového reaktoru podle předkládaného technického řešení.

Průtokový reaktor obsahuje modulární zásobní těleso 1, k němuž je hadicí z vysokotlakého polyetylénu (HDPE) připojeno membránové čerpadlo 6 (typ NF LIQUIDPORT 100, výtlačná  
 15 výška 10 m, rychlost čerpání 0,2 až 3,0 litry za minutu), které je opatřeno membránou chráněnou tetlonovou PTFE vrstvou.

Mezi zásobním tělesem 1 a čerpadlem 6 je umístěno HDPE nebo polypropylénové (PP) septum 4 se zátkou z lehčeného polypropylénu pro zavedení dávkovacího injektoru 5a a injektoru 5b pro  
 20 odběr vzorků reakčního roztoku k analýze. Septum 4 je od zásobního tělesa 1 a čerpadla 6 odděleno uzavíratelnými kulovými ventily 2a, 2b. Za nimi je v okruhu usazen měřič 12 průtoku kapaliny. Za čerpadlem 6 je na HDPE hadici umístěn vypouštěcí kulový ventil 3 a za ním uzavíratelný kulový ventil 2c. Z něj vede polypropylénová hadice přes vstupní uzemněný otvor do mikrovlnného zdroje 7 a v ní do spodní části válcové reakční nádoby 8 o vnitřním průměru  
 25 20 cm a výšce 15 cm vyrobené z PP a uzavřené odnímatelným víkem, ze kterého pokračuje vypouštěcí hadice z PP vedoucí ven přes svrchní část mikrovlnného zdroje 7 uzemněným otvorem. Uvnitř reakční nádoby 8 je umístěna jako katalytické lože 9 polypropylénová síťovaná válcová vložka o vnějším průměru 19,5 cm a výšce 14,5 cm zcela naplněná katalyzátorem podle českého patentu CZ 305277 a/nebo podle českého patentu CZ 303987, případně podle českého  
 30 patentu CZ 305316. Jako mikrovlnný zdroj 7 je použita komerční kuchyňská mikrovlnná trouba Daewoo KOR 4A0B, vnitřní objem 15 litrů, maximální výkon 500 W, 10 úrovní regulace výkonu, zbavená otočného talíře.

Polypropylénová hadice vycházející z mikrovlnného zdroje 7 je opatřena uzavíratelným kulovým  
 35 ventilem 2d, za kterým je vybavena T-spojku. Na ni je napojena HDPE hadice s modulem obsahujícím v paralelním zapojení manostat 11a (membránový manostat T-průmyslový pro nízké tlaky s rozsahem 0,1 až 1,0 kPa) a manometr 11b. Na třetí konec T spojky je spojkou napojena HDPE hadice, která je Y-rozbočkou rozdělena do dvou paralelních okruhů, z nichž každý obsahuje uzavíratelný kulový ventil 2e a 2f, z nichž pokračuje HDPE hadice přes spojkou na vstup lamelového filtru 10a a 10b pevných částic, typ Azud 1", 130 mikronů, max. průtok 83 l/min, max. pracovní tlak 8 bar. Filtry Azud jsou vyrobeny z kvalitního polypropylénu. Jako filtrační médium jsou použity síťovité PP lamely. Výhodou filtru je robustní konstrukce těla a jednoduchá možnost čištění díky matici, která umožní uvolnění lamel. Filtr má připravený závit pro odkalovací výpustný ventil. Za každým z filtrů 10a, 10b je umístěn uzavíratelný kulový ventil 2g,  
 40 2h, za ventily 2g, 2h jsou obě větve spojené do jedné spojkou Y. Okruh pak pokračuje HDPE hadicí přes vypouštěcí odvzdušňovací ventil 13 do svrchní části modulárního zásobníku 1, čímž je cirkulační okruh uzavřen.

V tomto provedení jsou HDPE hadice vyrobeny z HDPE typu VALPAR – Liten MB 62 o vnitřním průměru 10 mm, pracovní tlak 9 bar, které jsou spojovány rychlospojkami John Guest a jsou dimenzovány na maximální tlak až do 10 bar.  
 50

Modulární stavebnicové zásobní těleso 1 a jednotlivé moduly jsou v detailu znázorněny na  
 55 Obrázku 2.

Jednotlivé díly stavebnicového zásobníku 1 (moduly) o objemu 5 až 20 litrů jsou hranoly 14a až 14n, resp. i 14a-2 až 14n-2, v případě umístění modulů do dvou sloupců. Hranoly mají podstavu B tvaru obdélníku, dvě protilehlé boční stěny A tvaru obdélníku, a dvě boční stěny C ve tvaru rovnoramenného lichoběžníku. Jednotlivé moduly jsou umístěny vertikálně nad sebe a v horizontální rovině za sebou na pokladové konstrukci tak, aby vytvořily zásobník s požadovaným objemem. Lichoběžníkový bokorys umožňuje dosažení nejnižší hladiny pro odvod kapalné reakční směsi na cirkulační čerpadlo 6. Každý modul obsahuje tři spojovací operační otvory 15, 16, 17. Vypouštěcí otvor 15 se nachází v nejnižším pracovním bodu modulu a napouštěcí otvor 16 je umístěn tělesově uhlopříčně k vypouštěcímu otvoru 15. Oba uvedené otvory 15, 16 jsou situovány tak, aby vzdálenost mezi nimi byla co největší, a slouží k propojení dvou sousedních modulů na výšku, vertikálně.

Zbývající spojovací operační otvor 17 slouží k propojení dvou sousedních modulů v horizontální rovině a je situován u dolního okraje plochy, kterou k sobě přiléhají sousedící moduly, a tak, aby byl, co nejdál od operačních otvorů 15, 16 vertikálních. Umístění spojovacího otvoru 17 na přední nebo zadní straně modulu závisí na orientaci modulu 14 v zásobníku 1.

Propojení dvou sousedních modulů může být opatřeno kulovými ventily pro jejich snadné odpojení.

Základní zásobní modul 14a umístěný nejbližší k operačnímu cirkulačnímu čerpadlu 6 může obsahovat temperační spirálu 18 z PP nebo PE, která může být napojena na zdroj chladícího nebo ohřívajícího média, čímž je umožněna temperace reakční směsi před vstupem do reakčního prostoru, resp. při přípravě reakčního roztoku.

K tomu účelu uvedený základní zásobní modul 14a obsahuje plnicí otvor na tuhé reagenty 19, který lze po použití uzavřít ventilem, nebo hermeticky zaslepit průhlednou záklopkou. Ke vnášení rozpouštědla nebo kapalných reagentů slouží kulový výpustný/plnicí ventil 20, který je umístěn na HDPE hadici na výpusti z modulu 14a přes T-spoj. Výpust' je umístěna v dolní nejnižší části základního zásobního modulu 14a.

## NÁROKY NA OCHRANU

**1.** Průtokový reaktor s mikrovlnným zdrojem a katalytickým ložem, **vyznačený tím**, že obsahuje zásobní těleso (1), k němuž je hadicí připojeno septum (4) pro dávkovací injektor (5a) a injektor (5b) pro odběr vzorků, následně obsahuje hadicí v sérii připojený průtokoměr (12) a sériově hadicí připojené čerpadlo (6), s nímž je hadicí spojena reakční nádoba (8), obsahující katalytické lože (9), která je umístěna v uzavřeném mikrovlnném zdroji (7) a hadicí spojena s mimo prostor mikrovlnného zdroje umístěný a přes spoj T zapojený manostat (11a) a manometr (11b), a reakční nádoba (8) je dále spojena s alespoň jedním vstupem alespoň jednoho filtru (10a, 10b) pevných částic umístěného mimo prostor mikrovlnného zdroje, přičemž výstup filtru (10a, 10b) pevných částic je hadicí připojen k zásobnímu tělesu (1).

**2.** Průtokový reaktor podle nároku 1, **vyznačený tím**, že materiálem pro hadice umístěné mimo prostor mikrovlnného zdroje je polyetylén vysoké hustoty, a reakční nádoba (8), katalytické lože (9) a hadice alespoň částečně umístěné v prostoru mikrovlnného zdroje jsou z materiálu vybraného z polypropylénu, varného skla, křemenného skla, a křemene.

**3.** Průtokový reaktor podle nároku 1 nebo 2, **vyznačený tím**, že zásobní těleso (1) zahrnuje plášť a víko, a je vybaveno temperační spirálou, přičemž ve víku je uspořádán alespoň jeden plnicí otvor a v dolní části zásobního tělesa (1) je umístěna výpust'.



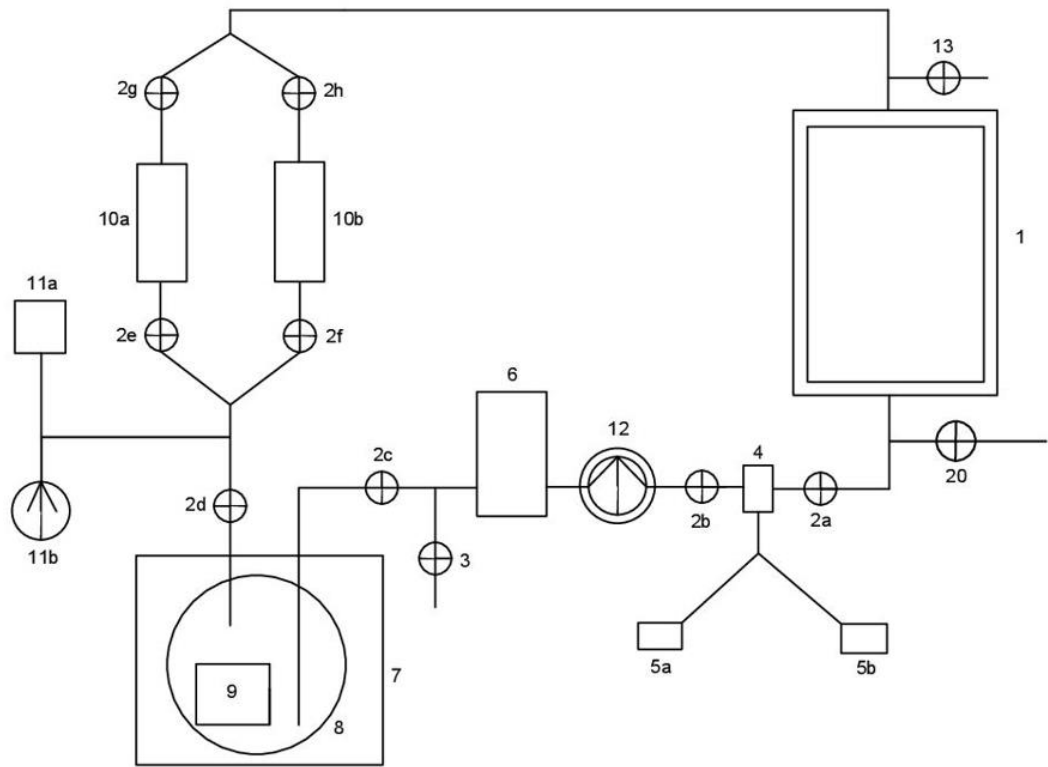
4. Průtokový reaktor podle nároku 1 nebo 2, **vyznačený tím**, že zásobní těleso (1) obsahuje alespoň dva zásobní moduly (14a-n) tvaru hranolu s obdélníkovými podstavami, dvěma protilehlými obdélníkovými bočními stěnami a dvěma protilehlými lichoběžníkovými bočními stěnami, přičemž tyto moduly jsou s výhodou umístěny vertikálně nad sebe a/nebo horizontálně vedle sebe v zásobním tělese (1), a to tak, že podstavy jsou umístěny kolmo k horizontální ose modulu.
5. Průtokový reaktor podle nároku 4, **vyznačený tím**, že zásobní moduly (14a-n) jsou vyrobeny z polypropylénu nebo polyetylénu.
6. Průtokový reaktor podle nároku 4 nebo 5, **vyznačený tím**, že každý zásobní modul (14a-n) obsahuje vertikální spojovací vypouštěcí otvor (15), vertikální spojovací napouštěcí otvor (16) a horizontální spojovací otvor (17).
7. Průtokový reaktor podle nároku 6, **vyznačený tím**, že vertikální spojovací vypouštěcí otvor (15) je uspořádán v první obdélníkové boční stěně v místě, ke kterému přiléhá nejširší část lichoběžníkové stěny zásobního modulu, vertikální spojovací napouštěcí otvor (16) je uspořádán v druhé obdélníkové boční stěně v místě, ke kterému přiléhá nejužší část lichoběžníkové stěny, a vertikální spojovací vypouštěcí otvor (15) je umístěn co nejdále od vertikálního spojovacího napouštěcího otvoru (16).
8. Průtokový reaktor podle kteréhokoliv z nároků 4 až 7, **vyznačený tím**, že zásobní modul (14a) umístěný v zásobním tělese (1) nejbliže k výstupu k septu (4) obsahuje temperační spirálu (18), s výhodou z polyetylénu vysoké hustoty nebo polypropylénu.
9. Průtokový reaktor podle kteréhokoliv z nároků 4 až 8, **vyznačený tím**, že zásobní modul (14a) obsahuje plnicí otvor (19) na tuhé reagenty, uzavíratelný ventilem nebo záklopkou.
10. Průtokový reaktor podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **vyznačený tím**, že dále obsahuje uzavíratelné ventily (2a–2h) umístěné v hadicích před a za septem (4), před a za mikrovlnným prostorem (7) a před a za filtrem pevných částic (10a, 10b).
11. Průtokový reaktor podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **vyznačený tím**, že dále obsahuje dva vypouštěcí kulové ventily (3, 20) umístěné za zásobním tělesem (1) a za čerpadlem (6) a vypouštěcí a odvodušňovací ventil (13) umístěný před zásobním tělesem (1).
12. Průtokový reaktor podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **vyznačený tím**, že čerpadlem (6) je čerpadlo membránového typu nebo čerpadlo peristaltického typu.
13. Průtokový reaktor podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **vyznačený tím**, že reakční nádoba (8) má kulový nebo válcový nebo spirálový tvar, s výhodou s vnitřním objemem v rozmezí 0,1 až 5,0 litrů, a katalytické lože (9) má s výhodou objem 0,1 až 5,0 litru.
14. Průtokový reaktor podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **vyznačený tím**, že filtrem (10a, 10b) pevných částic je filtr lamelové konstrukce nebo filtr cyklonové konstrukce, s výhodou jsou filtry (10a, 10b) pevných částic alespoň dva a jsou paralelně zapojené.

1 výkres

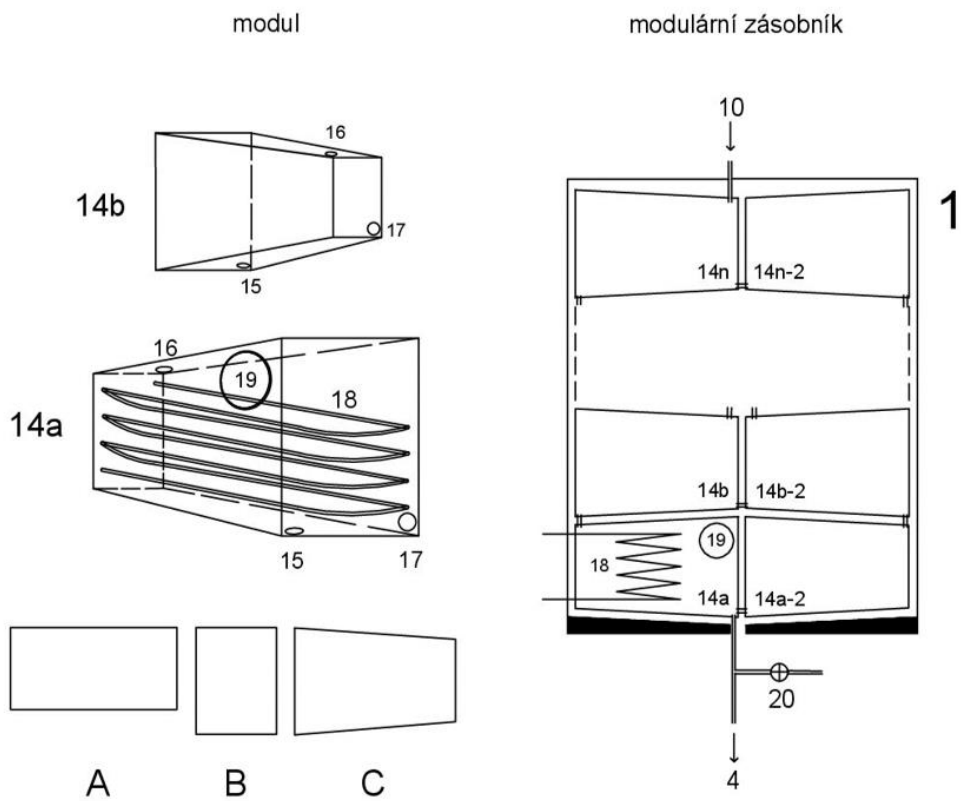
## Seznam vztahových značek:

- 1 – modulární zásobní těleso
- 2a-h – uzavíratelné kulové ventily
- 3 – vypouštěcí kulový ventil
- 4 – septum
- 5a – dávkovací injektor
- 5b – injektor pro odběr vzorků
- 6 – čerpadlo
- 7 – mikrovlnný zdroj
- 8 – reakční nádoba
- 9 – katalytické lože
- 10, 10a, 10b – lamelový filtr pevných částic
- 11a – manostat
- 11b – manometr
- 12 – průtokoměr
- 13 – vypouštěcí/odvzdušňovací ventil
- 14, 14a-n, 14a-2 až 14n-2 – moduly zásobníku
- 15 – vypouštěcí otvor (vertikální)
- 16 – napouštěcí otvor (vertikální)
- 17 – horizontální spojovací otvor
- 18 – temperační spirála
- 19 – plnicí otvor na tuhé reagenty
- 20 – výpustný/plnicí kulový ventil.

2 výkresy



Obr. 1



Obr. 2