

Specifické požadavky na strojně technologické zařízení pro biotechnologie

Ing. ZDENĚK MAŠEK, Ing. BOŘIVOJ NĚMEČEK, Výzkumný ústav chemických zařízení (VÚCHZ), Brno

Klíčová slova: fermentor, kontinuální sterilizátor, separátor, extraktor, flotátor, odparka, krystalizátor, filtry, sušárna, reaktor, dávkovací čerpadla, čidla měření a regulace, teplotní spád, odpařovací výkon, termokompresor, expandér, termolýzér.

VÚCHZ se výzkumem a návrhem zařízení pro biotechnologie zabývá již od konce 70. let. V zásadě lze říci, že ve svých pracích vycházíme z poznatků, které jsme jako ústav získali dlouhodobým zaměřením na výzkum jednotkových operací, zejména v oblasti petrochemických, chemických a potravinářských výroby.

Pro každou novou technologii, pro kterou mají být navržena strojní zařízení, se vychází ze základní skladby aparátů v technologické lince a z toho potom vplyne nutnost výzkumně řešit některé aparátové nebo soubor aparátů. S tím samozřejmě souvisí nejen strojní inženýrský návrh aparátů, nýbrž také výzkum a specifikace použitého konstrukčního materiálu, kompletace zařízení, návrh měření a regulace i prověření možnosti eventuálního řízení procesu.

V čem tedy je specifika zařízení pro biotechnologické výroby ve srovnání s jinými technologiemi? V zásadě lze konstatovat, že pro biotechnologické výroby se vyvíjejí a vyrábějí aparátové, které dosud nebyly aplikovány v jiných výrobcích. Jsou to fermentory, kontinuální sterilizátory, sterilní filtry vzduchu a kapalin. Všechna ostatní zařízení, která v různých konfiguracích tvoří skladbu výrobních linek jednotlivých biotechnologií, tzn. separátory, extraktory, flotátory, odparky, krystalizátory, filtry, sušárny, reaktory, nádrže aj., můžeme najít i v jiných než biotechnologických prozotech. Nejsou to tedy zařízení nová, nýbrž zařízení modifikovaná pro tyto technologie a postup při výzkumu a návrhu těchto zařízení je obdobný jako pro jakékoliv jiné technologie.

Požadavky na fermentační zařízení můžeme rozdělit do dvou oblastí:

1. pro fermentory v oblasti neaseptických výroby,
2. pro fermentory v oblasti aseptických výroby.

V obou oblastech se na rozdíl od jiných technologií setkáváme se specifickými požadavky na aparátové, které jsou dány tím, že pracujeme s živými organismy, které vyžadují přesně definované a homogenní pracovní podmínky v celém objemu a po celou dobu kultivace. Nedodržení těchto podmínek má za následek změny výtěžnosti, spotřeb energií, spotřeb kyslíku atd. U aseptických výroby má nedodržení sterilních podmínek za následek až kontaminaci. U biotechnologických výroby se často stává, že ve stejném zařízení, za stejných pracovních podmínek s nedefinovanými substráty jsou výtěžnosti a další sledované parametry různé. Tyto rozdíly může vyvolat malá změna ve složení substrátu, ve složení vody, živin apod. Aby se zajistily všechny pracovní podmínky, homogenita vsádky, živin, pH, rozpuštěného kyslíku i teploty v celém velkém pracovním objemu tak, jak požaduje technolog na základě zjištění v malých objemech, byla by v některých případech spotřeba potřebné energie extrémní. U provozních zařízení by to znamenalo neúměrné zvýšení ceny produktu a vlastní provoz by nebyl ekonomický. Je proto nutná neustálá oboustranná vazba strojař - technolog, aby bylo možno společně stanovit optimální a ekonomické řešení.

Optimalizovaný kultivační proces může být převeden do větších měřítek s použitím obvyklých postupů „scale-up“. U biotechnologických výroby však tento po-

stup není možný bez přechodu z baněk na menší fermentory a teprve potom na fermentory provozní. Je to dáno zejména rozdíly v hydrostatických tlacích u modelového a provozního fermentoru, poměrem ploch hladiny k objemům fermentorů, geometrií míchacích ústrojí apod.

V případě fermentorů pro neaseptické provozy můžeme konstatovat, že ve VÚCHZ byly provedeny rozsáhlé výzkumné a vývojové práce, na základě kterých byly vyrobeny a uvedeny do provozu fermentory v SMC Paskov na výrobu krmných bílkovin ze sulfátových výluhů a v SELIKO Kojetín na výrobu krmných bílkovin z ethanolu. O těchto zařízeních jsme již dříve referovali. V podstatě se dá konstatovat, že pro jakékoliv další aplikace s těmito nebo obdobnými substráty, resp. pro nové substráty a technologie se mohou tato zařízení po určitém ověření a modifikaci aplikovat. Další naše práce jsou zaměřeny na optimalizaci míchací jednotky tak, aby rozdělení energie na dispergaci plynu, homogenizaci fermentační zářavy a mechanické odpěňování bylo pro konkrétní technologický postup a kapacitu zařízení co nejvýhodnější a neekonomičtější. Požadavky na konstrukční zpracování a na výrobní technologii ve výrobních podnicích VHJ Chepos by již neměly přesáhnout požadavky, které byly kladeny na dosud vyrobené aparátové.

V oblasti vývoje a výzkumu velkoobjemových aseptických fermentorů, které provádíme v současné době pro technologie již vypracované nebo specifikované, tzn. fermentory o objemech 15 m³ a 150 m³ pro výrobu kyseliny citronové a L-lysinu, jsou z důvodu dodržení aseptických pracovních podmínek požadavky na strojní zařízení mnohem náročnější a to nejen na konstrukční zpracování a výrobní technologii, nýbrž i na použití materiálu. Pro výrobu těchto zařízení se používá nejkvalitnější v ČSSR vyráběná nerezavějící ocel. Okruhy problémů návrhu takového zařízení jsou na rozdíl od fermentorů pro výrobu krmných bílkovin rozšířeny o nutnost dodržet sterilitu procesu, tzn. možnost dokonalé sterilace nejen vlastního fermentoru a všech pracovních okruhů, avšak i armatur, filtrů vzduchu, ucpávek a čidel měření a regulace. Všechna tato kompletní zařízení nám způsobují velké problémy. Jsou to zařízení, která nejsou ve výrobním programu VHJ Chepos a zajišťují se jako subdodávky z jiných VHJ nebo resortů. V současné době však kvalita ani sortiment armatur vyráběných v ČSSR, filtrů vzduchu a čidel měření a regulace neodpovídá potřebám aseptických provozů a zvláště fermentorů. Volba čidel je jednou z nejobtížnějších součástí průmyslového projektu. Ideální je, jsou-li čidla sterilována přímo ve fermentoru současně se sterilací fermentoru. Podmínkou je, aby čidla byla odolná pro teploty až 140 °C a tlaku odpovídajícímu tlaku páry při této teplotě. Většina čidel tohoto typu se zatím zajišťuje z dovozu. Velkým problémem je zejména kyslíková elektroda, která má nízkou životnost.

Víme, že velmi potřebným a na československém trhu dosud chybějícím zařízením je maloobjemový fermentor vybavený potřebným řízením. Mnohá výzkumná pracoviště, laboratoře nebo školy si pro svůj základní nebo aplikovaný technologický výzkum zabezpečili tento apa-

rát z dovozu. Takovýto maloobjemový fermentor musí být jinak koncipován pro výzkumná pracoviště a jinak pro vlastní provozy. Můžeme konstatovat, že při řešení tohoto fermentačního uzlu s maloobjemovým fermentorem jsou uvedené problémy s aseptickými armaturami, filtry vzduchu, dávkovacími čerpadly a čidly měření a regulace zvětšeny navíc tím, že je nutno tato kompleťující a doplňující zařízení miniaturizovat, dokonale propojit všechny potřebné trasy a zabezpečit jejich sterilizaci propařováním. Dalším, nikoliv nepodstatným problémem tohoto uzlu, je řešení řízení, zejména dodání vhodného řídicího procesoru s hardwarem v požadovaných termínech. V našem ústavu bude vypracován vlastní uživatelský software. Pro konkrétní technologie může být základní uživatelský software zpracován podle konkrétních požadavků uživatele. Z tohoto pohledu vyplývá, že návrh a konstrukční řešení vlastního fermentoru je pro nás nejmenším problémem.

Chtěli bychom také objasnit, v čem spočívají naše práce při výzkumu a vývoji zařízení, která jsou sice již dnes v provozu chemického a potravinářského průmyslu, avšak pro biotechnologické výroby je bez dalších našich prací nelze použít. Ať už se jedná o odpařovací stanice, krystalizátory, fluidní sušárny, reaktory, separátory, filtry, extraktory nebo flotátory, je situace obdobná. Vezmeme-li jako příklad odpařovací stanice, která tvoří z těchto uvedených zařízení jeden z investičně nejdrazších a nejdůležitějších uzlů, je postup našich prací následující: Pro konkrétní, přesně definovanou technologii, nejlépe formou procesní knihy procesu, je potřebné zfermentovanou a odseparovanou půdu např. zahustit z nějaké vstupní koncentrace na výstupní koncentraci. Podle charakteru média, jeho fyzikálních vlastností, termolability a stanovené maximální zdržené doby na určité teplotě, můžeme na základě zkušeností a předpokládaných pracovních podmínek zvolit typ odpařovacího zařízení, který je vhodný pro zahušťování dané pracovní látky za daných pracovních podmínek. V autorizované zkušebně ve VÚCHZ, kde jsou instalovány experimentální laboratorní, eventuálně čtvrtprovozní odpařovací zařízení různých typů, ověřuje se potom vhodnost použití zvoleného typu odparky pro zahušťování konkrétní pracovní látky. Je-li výsledek prvního testu kladný, následují dlouhodobé, opakované experimenty, u nichž jsou podle požadavků budoucího provozu modelovány (pro požadovaný spád koncentrace a daný celkový teplotní spád) potřebný výkon zařízení a velmi důležitý provozní parametr časové závislosti odpařovacího výkonu, tzn. že je určen interval čištění odpařovací stanice. Při tom se musí sledovat a udržovat vypočítaná materiálová a tepelná bilance procesu, hydrodynamické poměry, kvalita meziproduktů a vlastního produktu.

Po statistickém vyhodnocení dlouhodobě opakovaných pokusů se stanoví rozložení teplotních spádů pro jednotlivé pracovní stupně odpařovací stanice, vyhodnotí zanášení teplosměnných ploch, vypočítají se tepelné ztráty a hodnotí velikost i stálost odpařovacího výkonu. Dále se sledují optimální hydrodynamické poměry, které je možno upravit délkou a počtem pracovních trubek, distribucí nástřiku na jednotlivé pracovní trubky, četností průchodů přes jeden pracovní stupeň, eventuálně cirkulací pracovní látky. Z těchto všech získaných výsledků je možno vypočítat teplosměnné plochy a geometrii jednotlivých aparátů odpařovací stanice, navrhnout topologii a propojení stanice se snahou optimalizovat celý systém z hlediska nejmenších spotřeb energií (topná pára, chladicí voda, elektrická energie), maximálního odpařovacího výkonu a minimálních nároků na obsluhu a údržbu provozní stanice. V praxi to znamená, že se prověřuje možnost použití termokompresorů, rekuperačních výměníků tepla, expandérů, cirkulace chladicí vody, termolyzérů apod.

Paralelně s tímto výzkumem musí probíhat také výzkum vhodného konstrukčního materiálu podle požadavků technologického pracoviště s přihlédnutím k charakteru a vlastnosti zpracovávané látky. Pro navrženou odpařovací stanici jsou také specifikována měřicí místa, prvky měření a regulace, event. řízení. Následují konstrukční a projekční práce u výrobců zařízení. V prů-

běhu předvýrobních etap u výrobce jsou s námi konzultovány event. dílčí změny v návrhu, které jsou potřebné z důvodů materiálových, výrobních nebo výrobně-technologických. Z těchto možných změn vyplynou další dílčí ověřovací práce na modelovém zařízení v našem ústavu.

Uvedený příklad vychází z předpokladu, že hned první návrh odpařovací stanice je řešitelný. V případě dílčích negativních výsledků se samozřejmě uvedený postup větví do více alternativ a četnost experimentálního měření i návrhů je větší. Na jednom konkrétním případě pracuje tým pracovníků ať již ve výzkumu, nebo v předvýrobních sférách výrobce.

Stejným, nebo velice podobným způsobem, se postupuje i při řešení dalších zařízení pro tzv. jednotkové operace. Chtěli jsme na tomto příkladu uvést, že tato zařízení nebo soubory zařízení se vždy navrhuje pro konkrétní pracovní látky, pro dané kapacity a pracovní podmínky a že jejich použití za jiných pracovních podmínek, pro jiné kapacity či média není možné bez potřebných úprav. Nejde tedy o velkosériovou výrobu, nýbrž v každém případě o nové aplikace a modifikace, resp. optimalizaci.

V současné době se připravuje ve VHJ Chepos řešení problémů z oblasti strojního zařízení pro biotechnologie v rámci státního úkolu. V úkolu budou výzkumně a vývojově řešena zařízení a soustavy zařízení, které jsou pro biotechnologické výroby žádány a v ČSSR dosud nevyřešeny. Úkol byl koncipován se zřetelem na splnění závazků kladených na ČSSR komplexním programem Vědeckotechnického pokroku zemí RVHP do roku 2000 v prioritním směru 5 — biotechnologie a úkolů vyplývajících z Dlouhodobého komplexního programu rozvoje a realizace biotechnologií v ČSSR do roku 2000. Snahou je, aby řešení bylo komplexní, tzn. nebyla řešena jen vlastní strojní aparatura, nýbrž i potřebné kompleťující prvky, jako aseptické armatury, dávkovací čerpadla, filtry vzduchu, čidla měření a regulace a možnost použití počítačového systému čs. výroby, spojeného s technologickým procesem na vstupech i výstupech, vybaveného vnějšími pamětmi a klasickými perifériemi (hardware) a možností práce v reálném čase (software).

Konkrétně budou v tomto úkolu řešeny tyto problémy:

- vývoj celé technologické linky na výrobu L-lysinu,
- uzel fermentace pro výrobu krmných bílkovin z různých substrátů,
- uzel separace kvasničného mléka,
- kontinuální hydrolyzér na lignocelulóзовé materiály,
- fermentor pro zpracování lignocelulóзовých hydrolyzátů,
- mikrofiltrace,
- soubor aparátů pro biotechnologie (odparky, reaktory, kontinuální sterilizátory, fluidní sušárny, krystalizátory),
- maloobjemové aseptické fermentory o objemu 50 až 1500 l včetně řízení,
- bakteriologické filtry vzduchu,
- aseptické armatury a čerpadla,
- čidla měření a regulace.

Je nutno si také uvědomit, že vlastní výzkumné práce je potřebné přidílat ekonomické efektivnosti řešeného úkolu. V praxi to znamená, že např. není možné alternativně řešení některých uzlů technologické linky s tím, že provozně a výrobně nejekonomičtější varianta bude zvolena pro konkrétní realizaci. Také s ohledem na specifickou některých aparátů a pro malý rozsah jejich potřeby ve výrobních, může z hlediska výroby vycházet ekonomická efektivnost výzkumu těchto aparátů nepříznivě. Je proto nutno posuzovat ekonomickou efektivnost citlivě z hlediska celospolečenské potřeby.

Musíme konstatovat, že úkol bude postaven pouze na realizačních výstupech, které bude odebírat výhradně podnik zahraničního obchodu TECHNOPOL, neboť při přípravě úkolu, až na malé výjimky, nebyl žádný čs. investor schopen potvrdit realizaci nebo technologická pracoviště zatím nemohla specifikovat konkrétní požadavky na strojní zařízení.

Závěrem bychom chtěli říci, že strojní výzkum je při-

praven k řešení uvedených úkolů. Připraveny jsou i výrobní podniky VHI Chepos, zejména n. p. ZVÚ Hradec Králové, který bude také koordinačním pracovištěm uvedeného státního úkolu. Pro kvalitní řešení je však nezbytná spolupráce strojařů a technologů. Dosavadní spolupráce technologů a strojařů ukázala potřeby nových vazeb a vztahů pro optimální postup vývoje nových technologií od základního výzkumu až po realizaci velkých zařízení.

Mašek Z. - Němeček B.: Specifické požadavky na strojně technologická zařízení pro biotechnologie. Kvas. prům. 32, 1986, č. 11, s. 273—275.

V článku jsou uvedeny a diskutovány specifické požadavky, které jsou kladeny na strojní zařízení pro biotechnologické výroby. Jsou shrnuty dosud zrealizované výsledky prací ve výzkumné základně VHI Chepos a na příkladech popsán postup řešení při návrhu zařízení pro nové technologie. V závěru jsou specifikovány cíle, které jsou sledovány řešením nového státního úkolu.

Машек, З. — Немечек, Б.: Требования к оборудованию для биотехнологий. Квас. прум. 32, 1986, № 11, стр. 273—275.

Статья содержит дискуссию и требования, которые предъявлены к оборудованию для биотехнологического производства. Обобщены результаты работ в научно-исследовательской базе объединения ХЕПОС и на примерах приводится разработка оборудования для новой

технологии. В заключении подчеркнуты цели, которые следуются новой государственной научно-исследовательской темой.

Mašek, Z. - Němeček, B.: Specific Requirements on Technological Equipment for Biotechnologies. Kvas. prům. 32, 1986, No. 11, pp. 273—275.

In this article, specific requirements placed on machinery equipment for biotechnological productions are reviewed and discussed. Results of experimental work up to now realized in research basis of the Chepos Group are summarized and the examples of procedure in designing the equipment for new technologies are given. Aims followed by solving the new state-aided research task are specified in the conclusion.

Mašek, Z. - Němeček, B.: Spezifische Anforderungen an Apparate für die Biotechnologie. Kvas. prům. 32, 1986, Nr. 11, S. 273—275.

In dem Artikel werden spezifische Anforderungen angeführt und diskutiert, welche an Apparate für die biotechnologische Erzeugung gestellt werden. Es werden die Ergebnisse der experimentellen Arbeiten zusammengefasst, welche in der Forschungsbasis der Gruppe der Unternehmen CHEPOS realisiert wurden und es werden Beispiele des Verfahrens beim Entwurf von Apparaten für neue Technologien gezeigt. Im Abschluss werden die Ziele angeführt, welche bei der Lösung von neuen staatlichen Forschungsaufgaben verfolgt werden.