

Strojné technologická zařízení biotechnologií

Výzkumná základna VÚCHZ Brno a výstavba aseptické zkušebny

Ing. ZDENĚK MAŠEK - Ing. BOŘIVOJ NĚMEČEK, Výzkumný ústav chemických zařízení, Brno

Klíčová slova: zařízení pro biotechnologie, fermentor, odparka, fluidní sušárna, aseptická zkušebna, aseptické provozy a neaseptické provozy, bakteriologické filtry vzduchu, kontinuální sterilace kapalin.

Výzkumný ústav chemických zařízení v Brně, jeden ze dvou výzkumných ústavů VHJ Chepos, je v souladu s dlouhodobou koncepcí této VHJ zaměřen na výzkum a vývoj zařízení pro mikrobiální výroby.

Původní záměr, který vycházel z aplikace tradičního aparátového zaměření, byl na základě usnesení vlády ČSSR č. 377 rozšířen o nové zařízení a aparaturu, s cílem zajistit pro potřebu čs. národního hospodářství i exportních povinností naší VHJ, co možno největší pokrytí požadovaného sortimentu aparátů.

Současné požadavky na technologická zařízení lze rozdělit do dvou základních oblastí, lišících se zejména nároky na zajištění sterility procesu.

Jedná se:

1. o oblast neaseptických výrob, kam patří výroba mikrobiálních krmných bílkovin (SCP). Charakteristickým rysem zařízení pro tyto technologie je analogie s velkokapacitními výrobami chemického průmyslu. Požadavky na konstrukční zpracování a na výrobní technologii prakticky nepřesahují zvyklosti jednotlivých výrobců;
2. oblast aseptických výrob, zahrnující výrobu kyseliny citronové submerzním způsobem, humánních bílkovin, L-lysinu, threoninu, tryptofanu, antibiotik, výživových či farmaceutických preparátů, enzymů atd.

Požadavky na strojní zařízení těchto technologií jsou mnohem náročnější, a to nejen na konstrukční zpracování a na výrobní technologii, ale kladou i značné nároky na materiálové osazení aparátu.

Podíváme-li se detailněji na jednotlivé technologie, můžeme obecně říci, že u biotechnologických procesů, ať už aseptických či neaseptických, se skladba jednotlivých výrobních linek podstatně většinou týká těchto zařízení:

- a) rozhodujících technologických zařízení, která jsou specifická pro daný proces. Do této skupiny můžeme zařadit:
- fermentory (produkční, propagační, seedové),
 - separátory (odstředivky, filtry),
 - extraktory, flotátory,
 - desintegrátory buněk,
 - odparky,
 - krystalizátory,
 - sušárny (rozprašovací, fluidní),
 - sterilizátory — kapalin (objemové kontinuální nebo diskontinuální)
 - vzduchu (bakteriologické filtry).

b) zařízení obecného charakteru:

- nádrže (reakční, zásobní),
- čerpadla,
- kompletující a manipulační zařízení,
- řídicí a měřicí zařízení.

Ve stávajícím plánu našeho ústavu jsou v současné době řešeny z těchto zařízení: fermentory, odparky a fluidní sušárny. Pro nejbližší období je připraveno také zahájení výzkumu některých dalších zařízení:

- krystalizátory,
- kontinuálních sterilizátorů kapalin,
- adsorpční zařízení pro obohacování vzduchu kyslíkem,
- zařízení pro čištění odpadních vod z biologických procesů,
- zařízení využívajících flotaci a dehydrataci v procesu separace kvasničné buňky.

Ve VÚCHZ Brno byly rovněž zahájeny práce na vývoji zařízení na sterilní filtrace vzduchu. Toto zařízení není

sice v gesci VHJ Chepos, ale jeho absence na tuzemském trhu a závažnost vyřešení tohoto problému pro všechny aseptické výroby vyvine potřebu zabývat se i řešením tohoto problému.

V další části svého příspěvku bychom Vás chtěli podrobněji seznámit s pracemi v jednotlivých aparátových skupinách.

Fermentační zařízení

Problematika fermentačního zařízení byla zařazena do plánu činnosti ústavu nejdříve jako aplikace systematického výzkumu měchání v oblasti, pro kterou nebyl k dispozici dostatek podkladů pro práci projektanta.

Tato skutečnost ovlivnila i další práce a dala podnět ke vzniku nového typu fermentoru, původní koncepce pracující s rychloběžnými míchadly.

Na základě experimentálních prací na modelových fermentorech této koncepce o objemech $0,05 \text{ m}^3$ a 1 m^3 v ústavu a výsledků získaných na poloprovozním fermentoru o objemu 10^3 , instalovaném v SELIKO Kojetín, byla optimalizována míchací jednotka tak, aby rozdělení energie na dispersaci plynu, homogenizaci fermentační záparý a mechanické odpěrování bylo pro daný technologický postup co nejvhodnější.

Rozborem chemicko-inženýrských a procesních dat byly získány potřebné korelace pro zvětšování fermentoru z modelového do provozního měřítka. Byl vypracován výpočetový postup nejen pro návrh vlastní míchací jednotky, ale i celého fermentačního uzlu včetně příslušenství tzn. turbodmychadel, cirkulačních čerpadel záparý, chladičů.

Výsledky výzkumu byly realizovány n. p. ZVÚ Hradec Králové v těchto konkrétních případech:

— Krmné bílkoviny z ethanolu v SELIKO Kojetín

Technické parametry

fermentor	200 m^3 (skut. 187 m^3)
pohon	200 kW (990 min $^{-1}$)
deskové chladiče	3 \times 150 m^2
cirkulační čerpadlo	3 \times 300 m^3/h
turbodmychadlo	6 500 m^3/h (0,16 MPa)

Strojné-technologické parametry

produkce	400 kg a. s./h
objem kapaliny	100 m^3
měrná spotřeba energie	0,70 kWh/kg a. s.
výtěžnost z ethanolu	0,8 kg a. s. kg C ₂ H ₅ OH

— Krmné bílkoviny ze sulfitonových výluh v SMC Paskov

Technické parametry

fermentory	3 \times 800 m^3 (skut. 3 \times 740)
pohony	9 \times 200 kW (990 min $^{-1}$)
deskové chladiče	12 \times 150 m^2
cirkulační čerpadla	12 \times 300 m^3/h
turbodmychadla	2 \times 15 000 m^3/h (0,16 MPa)

Strojné-technologické parametry

produkce	3 000 kg obch. pr./h
objem kapaliny	3 \times 230 m^3
měrná spotřeba energie	0,7 kWh/kg a. s.
výtěžnost z RL	0,45 kg a. s./kg RL

I když na základě uvedených realizací lze vysvětlat hodnotit úroveň fermentorů této koncepce, chceme výzkum a vývoj zaměřit na další intenzifikaci. Možnosti dalšího zlepšení dosažených parametrů vidíme v dílčích úpravách míchadel a vestaveb, odzkoušení vnitřních teplosměných ploch a ve zlepšení některých doplňkových zařízení jako například použití objemového čerpadla na odtaž-

zápary, spolehlivých čidel na snímání veličin rozhodujících o průběhu fermentačního procesu apod.

U technologií, které dosud nebyly na těchto zařízeních ověřovány, bude nutné provést i výzkum procesních a chemicko-inženýrských charakteristik a minimalizovat míru rizika při návrhu parametrů provozního fermentoru.

Siroká škála biotechnologických procesů, na jejichž řešení se již dnes nás ústav podílí, a perspektiva dalších, vedle k logickému závěru, že pro pokrytí tak rozdílných požadavků nemůžeme vystačit s jedním, byť sebeúspěšnějším typem fermentoru. Proto zaměřujeme své práce i na získání podkladů pro návrhy jiných typů fermentačních zařízení tak, abychom mohli navrhovat vždy optimální provedení, popř. provedení s minimálním rizikem neúspěchu.

Takto byl navržen i fermentor pro výrobu submerzní kyseliny citrónové do klimatických podmínek tropické oblasti. Bylo použito klasického pomaloběžného systému s patrovými míchadly. Podklady pro návrh provozního zařízení byly získány z modelových zařízení o objemu 0,05 m³ a 0,12 m³.

Technické parametry

a) fermentor	15 m ³
pohon	18,5/15 kW (100, 110, 125 min ⁻¹)
b) fermentor	150 m ³
pohon	132 kW (60 min ⁻¹)
turbodemýchadlo	2 400 m ³ /h (0,48 MPa)

Technologické parametry

výtěžnost	min. 60 kg KCM/100 kg
produkce	540 t KCM/rok (50 cyklů/rok)
doba kultivace	90—120 h

Další práce na vývoji fermentoru pro aseptické procesy budou zaměřeny na optimalizaci míchacího a dispergačního systému tak, aby se snížilo množství energie potřebné pro míchání a dmýchání vzduchu při současném zlepšení přenosu kyslíku a homogenity vsádky.

Odpařovací zařízení

Pro zahušťování produktů různých biotechnologických výrob jsou úspěšně aplikovány odparky se splývajícím filmem, cirkulační odparky i filmové rotorové odparky. Vhodnou topologii jsou sestaveny do odpařovacích stanic doplněných z hlediska kvality produktu o termolyzéry, sterilátory a pastéry, z hlediska minimalizace energetické spotřeby o termokompresory, výměníky tepla, expander, eventuálně tepelná čerpadla.

Výzkum problematiky tokových poměrů a sdílení tepla v uvedených typech odpark, metodika návrhu a optimalizace odpařovacích stanic jsou prováděny ve VÚCHZ Brno již 25 let.

V 70. letech byl zajištován výzkum odpařovacích stanic pro výrobu krmných bílkovin z ethanolu a sulfitových výluh. V ústavu byla vybudována 3stupňová odpařovací stanice s odparkami se splývajícím filmem s kontinuálními kontaktními termolýzou. Výsledkem výzkumných prací bylo vypracování podkladů pro konstrukci a projekci odpařovacích jednotek na výrobu krmných bílkovin z ethanolu pro kapacity

Irak	5 kt/rok
Seliko Kojetín	10 kt/rok
Spolana Neratovice	40 kt/rok
SSSR	100 kt/rok
a ze sulfitových výluh pro kapacity	
JIP Větrní	10 kt/rok
SMC Paskov	24 kt/rok

Navrženou odpařovací stanici pro SMC Paskov realizoval v roce 1984 n. p. ZVÚ Hradec Králové. Základní technické parametry této odpařovací stanice s termokomprezí brýdové páry a kontinuální termolýzou:

nástřík	24 469 kg/h
odpařovací výkon	10 767 kg/h
koncentrát	13 702 kg/h
termolýza	90°/3 min
vstupní koncentrace	14 % suš.
výstupní koncentrace	25 % suš.

měrná spotřeba páry	0,35 kg/kg
spotřeba chladicí vody	92 m ³ /h
instalovaný elektrický příkon	70 kW

V 80. letech byly výzkumné práce zaměřeny na stanovení vhodného typu odpark pro zahušťování nafermentovaných půd při výrobách insekticidů a trávicího enzymu proteazymu. Na základě ověřovacích experimentů na zkušební filmové rotorové odparky s teplosměnnou plochou 1 m² byla prokázána použitelnost tohoto typu odparky pro výrobu baturinu a moskyturu a trávicího enzymu proteazymu.

Pro potřeby optimalizace byla vypracována typová řada výkonu odpark se splývajícím filmem pro odpařovací výkon od 200 do 60 000 kg odpařované vody za hodinu a zpracování výpočtový program pro samočinný počítač.

V roce 1985 bude zahájeno řešení návrhu odpařovací stanice na zahušťování kyseliny citrónové. Ve srovnání s odpařovacími stanicemi na kvasné mléko bude nutné volit odlišné řešení s přechodem na cirkulační odparky s nucenou cirkulací s návazností na vakuový krytalizátor. Experimentální základna ústavu bude doplněna o 2stupňovou odpařovací stanici s cirkulačními odparkami s nucenou cirkulací.

Fluidní sušárna

Produkty, resp. meziprodukty biotechnologických procesů vykazují z hlediska požadavků na sušení specifické vlastnosti. Základní vlastnosti je omezená termická stabilita těchto láték. Těmto specifickým požadavkům odpovídají i specifické inženýrské postupy při návrhu sušáren pro sušení těchto materiálů. Je třeba použít intenzívnych metod sušení při nízkých teplotách.

Pro uvedené podmínky jsou vhodné sušárny pracující na principu použití fluidní vrstvy. Bylo realizováno zařízení pro sušení vitálního pekařského droždí.

Dále bylo vybudováno zařízení pro sušení aerobně aktivovaných kalů z odpadních vod provozu zpracování dřevní hmoty. Produktem je krmivo pro jateční dobytek.

V současné době jsou problémy spojené s provozem tohoto typu zařízení řešeny pro finalizaci produktu z výroby extrahované kvasničné bílkoviny pro humánní výživu.

Rozšířování požadavků u všech uvedených typů zařízení a tlak na rozšíření sortimentu o další, ukázaly na nové požadavky, které musí zabezpečit experimentální základnu ústavu.

Vedení ústavu proto rozhodlo zajistit kvalitativní změnu ne dílčími úpravami jednotlivých stendů, ale radikálním řešením problému v celém komplexu. Výsledkem tohoto rozhodnutí je budování aseptické zkušebny.

Aseptická zkušebna VÚCHZ

Tato zkušebna musí poskytovat možnosti na zajištění řešení všech inženýrských problémů spojených s návhem zařízení, musí umožnit i nezbytný technologický provoz, potřebný k získání podkladů, které se na laboratorních zařízeních technologických pracovišť nedají vůbec získat.

Jedním z nejdůležitějších cílů aseptické zkušebny je vybudování systému potřebného pro přenos dat z modelového do provozního měřítka. Aseptické provedení fermentorů je charakterizováno uzavřenými nádobami s mírným přetlakem sterilního vzduchu, aby se zabránilo možné kontaminaci zvnějšku a dále speciálním konstrukčním řešením, které umožňuje snadnou sterilaci a udržení sterilního prostředí.

Při výzkumu a vývoji mechanicky míchaných aseptických fermentorů je nutno věnovat pozornost také utěsnění rotujícího hřídele. Je třeba řešit otázky použití vzorkovacích a pojíšovacích ventilů, dávkovacích čerpadel, měřicích čidel, způsobu sterilace, filtrace vzduchu apod.

Cíle, které VÚCHZ sleduje vybudováním aseptické zkušebny, je možno charakterizovat takto:

1. Vývoj míchaných fermentorů pro aseptické výroby.
2. Metodika modelování fermentorů pro aseptické výroby.
3. Odzkoušení různých typů filtračních materiálů pro zajištění sterility vzduchu.

4. Návrh kontinuální sterilace kapaliny.
5. Aplikovaný výzkum mikrobiální aseptické technologie pro fermentory koncepcie VÚCHZ.
6. Metodika sterilace fermentačních zařízení.

Závěr

V tomto příspěvku jsme Vás chtěli seznámit s programem práce našeho ústavu v oblasti výzkumu strojního zařízení pro biotechnologické výroby, s možnostmi, které máme v současné době v experimentální základně a které bychom chtěli mít vybudováním aseptické zkušebny.

Ve svém programu, který jsme si stanovili na základě požadavků výrobních podniků VHJ Chepos a ve kterém budeme výzkumně a vývojově zajišťovat strojní řešení aparátů a souborů aparátů pro biotechnologické výroby, počítáme s velice úzkou spoluprací s technologickými pracovišti. Bez této spolupráce by nebylo možno řešit celou řadu specifických problémů, které se při návrzích strojního zařízení vyskytují.

Při řešení problémů a návrhů zařízení se opíráme o zkušenosť a výsledky, které byly získány dlouholetým výzkumem jednotkových operací v našem ústavu a konfrontujeme je s výsledky, které získáváme při experimentálních pracích na modelových zařízeních. Chtěli bychom také upozornit na to, že zařízení, která byla navržena pro konkrétní technologie, nelze běžně použít pro technologie jiné, resp. při jejich použití nemusí zařízení pracovat v optimálním provozním režimu. Pro technologie nově zavedené do provozu je nutný výzkum zařízení, jehož minimálním rozsahem je ověření použitelnosti již vyvinutých zařízení pro jinou, novou technologii.

Mašek, Z. - Němeček, B.: Výzkumná základna VÚCHZ Brno a výstavba aseptické zkušebny. Kvas. prům. 31, 1985, č. 7—8 s. 195—197.

VÚCHZ Brno zajišťuje výzkum a vývoj strojního zařízení pro vybrané biotechnologické výroby. V článku jsou shrnutы dosavadní

výsledky prací a jejich realizace, zejména v oblasti výzkumu fermentorů, odpárek a fluidních sušáren. Pro zajištění komplexního řešení úkolů z této oblasti je budována aseptická zkušebna. Jsou diskutovány cíle, které VÚCHZ vybudováním této zkušebny sleduje.

Mašek, Z. — Němeček, B.: Исследовательская база ВУХЗ Брно и постройка стерильного испытательного стенда. Квас. прум. 31, 1985, № 7—8, стр. 195—197.

ВУХЗ Брно обеспечивает исследование и развитие оборудования для избранной биотехнологической продукции. В статье собраны результаты существующей работы и ее внедрения, именно в области исследования ферменторов, выпарных аппаратов и сушилок с псевдоожиженным слоем. Для обеспечения комплексного решения задачей в этой области строят стерильный испытательный стенд. Приводится дискуссия о целях, которые ВУХЗ следует постройкой этого испытательного стендов.

Mašek, Z. - Němeček, B.: The Research Base VÚCHZ Brno and The Aseptic Testing Room Under Construction. Kvas. prům. 31, 1985, No. 7—8, pp. 195—197.

VÚCHZ Brno is involved in the research and development of process equipment for selected technological processes. In this paper, attained results of the experimental program and its realization, especially in the field of fermenters, evaporating units and fluid-bed dryers, are summarized. To ensure the complex solving of research tasks, the new aseptic testing room is being built. The aims followed by realization of this project, are discussed.

Mašek, Z., Němeček, B.: Die Forschungsbasis des Forschungs-instituts für chemische Anlagen in Brno und der Aufbau eines keimfreien Prüfstandes. Kvas. prům. 31, 1985, Nr. 7—8, S. 195—197.

VÚCHZ Brno betreibt die Forschung und Entwicklung der maschinellen Einrichtung für ausgesuchte biotechnologische Produktionen. In dem Artikel sind die bisherigen Arbeiten der Arbeit und ihre Realisierung, hauptsächlich auf dem Gebiet der Forschung von Fermentoren, Verdampferanlagen und Fließbettrocknern, festgehalten. Für die Gesamtlösung der Aufgaben auf diesem Gebiet wird ein keimfreier Versuchsstand errichtet. Die Ziele, welche FICHA mit der Errichtung dieses Versuchsstandes verfolgt, werden diskutiert.