

rou protéká analyzované médium. V prvním případě je snímací zařízení namontováno přímo na potrubí nebo fermentor bez doteku čidla s médiem, což má značné výhody pro práci ve sterilním prostředí. Přístroje pro radiometrické měření hustoty vyvíjí např. firma Berthold, na principu vibrací firma Chempro.

Hustotu je možno měřit též nepřímou z hydrostatického tlaku při známé výšce kapaliny. Tento způsob je však problematický při fermentacích vzhledem k nepřesnosti určení výšky hladiny.

Otáčky míchadla. Měří se tachodynamem, pulsním čítačem nebo dynamometrem. Měření frekvence otáček je důležité pro sledování velikosti střizných sil a pro řízení aerace. Výrobce tachodynamu a tachogenerátorů je MEZ Náchod, mechanického čítače Tesla Brno.

Příkon míchadla charakterizuje množství energie dodávané do procesu, která podstatně ovlivňuje sdílení hmoty mezi fázemi, konkrétně koncentraci rozpuštěného kyslíku a oxidu uhličitého.

Mícháním se zajišťuje nejen homogenita média, ale i dispergace plynu v kapalně fázi. V případě, že se provádějí přesná měření v souvislosti s tepelnou bilancí fermentoru, musí být znám příkon míchadla s poměrně vysokou přesností.

Příkon míchadla měříme torzním dynamometrem (Metra Blansko). Měření je nepřesné vzhledem ke ztrátám způsobeným třením hřídele (až 30 % ztrát). Účinnější způsob měření je zabudování tenzometrů přímo do hřídele míchadla.

U některých přetržitých procesů, zvláště při pěstování vláknitých mikroorganismů, může měření příkonu přinést významné informace o průběhu procesu.

Průtok plynu měříme několika typy čidel.

- a) rotametr s elektrickým výstupem. Relativně laciný, avšak s omezenou přesností (Výrobce VEB MLW Medingen, NDR);
- b) zařízení, kde se proudící plyn elektricky ohřívá a ze změny teplot plynu, indikovaných dvěma termistory umístěnými před a za ohřívacím tělesem, se měří a současně reguluje průtok. V ČSSR vyrábí přístroj Tesla Elstroj;
- c) clonka s měřičem tlakového rozdílu.

Průtok kapalných médií

V posledních letech nelze pozorovat nějaký významný pokrok v dávkování kapalin. Používají se běžně známé typy pístových, membránových a peristaltických čerpadel. Liší se maximálním výkonem, možnostmi sterilace a reprodukovatelností. Průtok je možno měřit běžnými čidly používanými v chemickém průmyslu, jako jsou čidla průřezová, magnetometrická apod.

Nabízí se možnost měřit množství kapaliny na základě měření hmotnosti zásobníku kapaliny. Tento integrální údaj celkové dávky je výhodný, avšak při výpočtu rychlosti změny hmotnosti, resp. průtoku jsou údaje nepřesné, zatíženy šumem a nutno použít účinné filtrace dat (např. při měření odpeňovacího oleje, živin, amoniaku apod.).

Viskozita

Vzhledem k velké variabilitě roztoků pro fermentaci může se viskozita různých médií lišit o několik řádů. Také během fermentace, především u přetržitých procesů, dochází často k velkým změnám viskozity. Viskozita ovlivňuje údaje čidel, charakteristiky mísení, přenos hmoty a tepla a konečně i spotřebu energie. Přesto nebylo věnováno mnoho pozornosti měření viskozity jako prostředku pro on-line monitorování fermentoru.

Existují v podstatě dva typy viskozimetrů; kapilární a rotační. Problematika je velmi složitá a v rámci této práce není místo pro podrobnější rozbor.

Pěna

Detekce a regulace výšky pěny tvoří zásadní problém, jehož vyřešení zajišťuje správný chod fermentoru. Výška pěny se detekuje vodivostními čidly a může být regulována vícestupňovým regulačním systémem. Jako odpeňovadla se používá silikonových nebo uhlovodíkových olejů. Jejich nevýhodou je relativně vysoká cena při větší spotřebě odpeňovadla pro velké fermentory, špatná sterilovatelnost, vliv na přenos kyslíku, na údaje čidel a v neposlední řadě i významný vliv na mikroorganismy.

Pokračování

Konstrukční materiály pro biotechnologický průmysl

I. Kovy a jejich slitiny

Ing. JAN PÁCA, CSc., Vysoká škola chemickotechnologická, katedra kvasné chemie a bioinženýrství, Praha

Klíčová slova: konstrukční materiály, koroze, biotechnologický průmysl, povrchové úpravy

1. ÚVOD

Volba konstrukčních materiálů pro stavbu strojů a zařízení používaných v biotechnologických výrobcích musí být prováděna s přihlédnutím ke specifickým požadavkům jak vlastního biologického procesu, tak i přípravy surovin a zpracování získaného produktu. Podmínky, za kterých probíhají biologické procesy, jsou ve srovnání s podmínkami v chemickém průmyslu podstatně méně náročné z hlediska rozsahu teplot, tlaků a pH prostředí. Za extrémní podmínky lze považovat: maximální tlak 0,2 MPa, teplota do 130 °C (během sterilace), pH může poklesnout asi na 1 (např. u citrónové kyseliny, u sulfátových výluhů poněkud vyšší). Naopak horní mez pH může být 9 až 10 (stav autolýzy u některých kultivací bakterií). Volbu vhodného materiálu daleko více než zmíněné vnější podmínky ovlivňuje požadavek udržení hygienických podmínek a ve většině případů i aseptických podmínek procesu.

Dodržení hygieny prováděných operací předpokládá inertnost všech vnějších ploch přicházejících do styku s potravinami nebo farmaceutickými preparáty. Nesmí docházet ke kontaminaci produktu kovy nejen z důvodu jejich toxicity, nýbrž i proto, že tyto stopové prvky mohou katalyzovat rozklad produktu v průběhu skladování. Používané materiály musí dále splňovat tyto vlastnosti: být bez zápachu, nepůsobit změny chuti a vůně

produktu, být odolné proti odprýskání povrchu, korozi-vzdorné a neabsorbovat plyny či kapaliny. Tyto vlastnosti musí splňovat materiály nejen vůči zpracovávanému produktu, ale též vůči látkám používaným k čištění a sanitaci, tzn. horkým roztokům alkálií, směsí dusičné a fosforečné kyseliny apod. Povrchy strojů a zařízení přicházející do styku s produktem musí být hladké, bez důlků, prohlubní, štěrbin a tzv. „mrtvých“ prostorů, tzn. ostrých koutů nebo prostorů, ve kterých by mohla přezívat a dokonce se hromadit mikrobiální kontaminace.

Požadavky na udržení **aseptických podmínek** jsou podobné požadavkům hygienickým. Navíc zde přistupuje ještě nutnost sterilace párou, horkou tlakovou vodou event. chemickými prostředky. V bioreaktorech, ve kterých je riziko kontaminace zvláště vysoké, je obvykle požadavkem leštěný vnitřní povrch, event. pasivace.

Dále jsou probrány jednotlivé kovové konstrukční materiály používané v biotechnologickém průmyslu z hlediska vhodnosti použití.

2. LITINA A OCEL

Litina se používá velice málo, převážně pouze na frémy strojů.

Uhlíková ocel obsahující méně než 0,25 % C se původně používala ke stavbě vlastního tělesa fermentoru.

Tento materiál se ukázal být vhodným pro fermentory používané k výrobě penicilinu [1, 2]. Studie, týkající se vlivu obsahu železa na výtěžnost produkce penicilinu kmenem *Penicillium notatum* prokázaly, že železo neinhibuje produkci penicilinu [3]. V současné době se však fermentory stavějí z nerezavějící oceli jednak z důvodu snížení kontaminace vsádky Fe ionty a dále též pro dosažení lepší kvality vnitřního povrchu reaktoru, což vede ke snížení rizika kontaminace vsádky. Tyto požadavky jsou zvláště důležité v případě kultivací tkáňových buněk [4]. Přesto zůstává uhlíková ocel stále nejrozšířenějším materiálem pro vnější pláště reaktorů a ostatní konstrukční prvky nepřicházející bezprostředně do styku s bioprocem nebo jeho produktem.

Nerezavějící oceli patří mezi slitinové oceli obsahující chrom, nikl, mangan a kromě toho i menší množství molybdenu, mědi, titanu, niobu a wolframu. Nejdůležitější přísadou těchto ocelí je chrom, který zaručuje odolnost proti korozi. Odolnost proti korozi spočívá ve vytvoření pasivační vrstvy oxidu na povrchu, která je odolná vůči vnějším vlivům. Množství přidávaného chromu je v rozsahu 13 až 30 %.

Přítomnost chromu v oceli vede ke vzniku feritu a karbidů. Proto má tato ocel sklon ke křehnutí. Pro zlepšení mechanických vlastností této oceli se přidává další legující prvek nikl, který podporuje vznik austenitické struktury oceli. Tzv. austenitické nerezavějící oceli jsou tažné, houževnaté a celkově mají lepší mechanické vlastnosti než uhlíkové oceli. Přidávky niklu činí 8 až 30 %. Mimo niklu se někdy ocel leguje přidávkou manganu (až do 24 %). Vzhledem k mechanickým vlastnostem i značné odolnosti proti korozi jsou austenitické nerezavějící oceli často používaným materiálem pro konstrukci součástí přicházejících bezprostředně do styku s probíhajícími biochemickým či biologickým procesem, resp. jeho produkty.

V ČSSR se používá těchto svařitelných ocelí třídy 17: 17 041, 17 241, 17 246, 17 242, 17 249, 17 345, 17 346, 17 347, 17 348, 17 349, 17 350, 17 352, 17 353, 17 356. Použití těchto korozivzdorných ocelí přináší s sebou však také určité nevýhody:

- Vysoká cena (tab. 1).
- Obtížné obrábění (houževnatý materiál).
- Poměrně nízká hodnota meze kluzu (150 až 200 MPa), výrazně větší teplotní roztažnost a značně menší teplotní vodivost ve srovnání s uhlíkovou ocelí třídy 11.

Tabulka 1. Ceny některých konstrukčních materiálů ve Velké Británii v r. 1987

Materiál	Přibližná cena (Lib. £)
Uhlíková ocel	300
Austenitické oceli	1 400 až 1 600
Měď	900
Hliník	850
Titan	13 500

Naopak výhodou oceli 17 356 je její schopnost odolávat i bodové korozi v roztocích solí halogenových kyselin a chlornanů.

Tabulka 2 uvádí parametry několika často používaných nerezavějících ocelí Anticorro, vyráběných hutí Poldi - Spojené ocelárny, Kladno.

Nerezavějící ocel vyráběná moderní technologií obsahuje kolem 0,04 až 0,05 % uhlíku. Tato ocel je svařitelná bez rizika snížení odolnosti vůči korozi (v důsledku precipitace karbidu chromu) do tloušťky materiálu pod 9 mm. Jestliže je nutno svařovat díly s větší tloušťkou, je nutno použít speciální oceli se zvláště nízkým obsahem uhlíku nebo oceli stabilizované titanem.

Prokázalo se, že přes 90 % případů koroze nerezavějících ocelí je důsledkem působení chloridových iontů. Výsledkem je elektrochemická koroze vznikající buď jako koroze bodová nebo koroze v kapilárních prosto-

Tabulka 2. Parametry několika používaných nerezavějících austenitických ocelí Poldi Anticorro

Materiál ČSN	17 242	17 246	17 347	17 356	17 252
Mez kluzu MPa	215	205	220	225	225
Chemické složení (%)					
C	0,12	max. 0,12	max. 0,12	max. 0,08	0,10
Cr	18	18,5	17,5	17	20
Ni	9	9,5	10,5	14,5	38
Mo	—	—	2	3,5	5,5
Ostatní	—	Ti	Ti	Ti	Ti
Odolnost proti korozi	kyselina dusičná, velmi zředěná kyselina sírová, silnější organické kyseliny (octová).	kyselina dusičná, velmi zředěná kyselina sírová, silnější organické kyseliny (octová).	kyselina siřičitá, octová, zředěná kyselina sírová, mravenčí aj.	organické kyseliny i při vyšších teplotách a tlacích anorganické kyseliny, roztoky solí halogeno-vodíkových kyselin a chlornanů	silně agresivní organické kyseliny, anorganické kyseliny, odolnější než 17 356

rech. Za podmínek zatížení materiálu a při teplotách nad 60 °C klesá odolnost nerezavějících ocelí vůči chloridovým iontům a výsledkem je tvorba trhlin při napětové korozi. Odolnost proti této korozi lze zvýšit přidávkou 2 až 6 % molybdenu. Jelikož chloridy jsou esenciální živinou kultivačních médií, používá se ocel legovaná molybdenem na vnitřní povrchy bioreaktorů, čerpadel, ventilů, výměníků tepla, odstředivek a homogénizátorů.

Pro zabránění korozi v kapilárních prostorách, projevující se v přítomnosti chloridů hlavně při teplotě nad 80 °C, se používá k legování oceli přídavek titanu. Koroze povrchu kovových materiálů, které jsou v bezprostředním styku s biologickým materiálem a jeho produkty, vede ke kontaminaci těchto látek značným množstvím niklu a chromu. Tento jev byl zjištěn např. při zpracování krevních derivátů, které se tímto staly nepoužitelné [5].

Kvalita povrchu ocelových materiálů ovlivňuje jak odolnost vůči korozi, tak i riziko kontaminace produktu. Proto se často vyžaduje mechanická úprava povrchů broušením nebo leštěním. Leštění nelze použít u nerezavějících ocelí stabilizovaných titanem.

Zásobníky na kyselinu sírovou (do 20 %, při teplotě okolí) a na alkálie se často stavějí z nerezavějící oceli legované až 5 % Mo. Kyselina chlorovodíková se však obvykle skladuje v zásobnících z plastů.

3 MĚĎ

Měď je tažný materiál, který lze snadno tvarovat. Je odolná vůči korozi ve vodě a páře, nesnáší však působení kyselin ani louhů. Má vysokou tepelnou vodivost, a proto je vhodná pro výměníky tepla. Vzhledem k jejímu toxickým účinkům (např. inhibice fermentace u kvasinek) a katalytickému působení při žluknutí tuků, je obecně nevhodná pro potravinářské zařízení. Dříve byla značně rozšířena v droždárnách (nádoby, potrubí atd.), dnes ještě přezívá v pivovarnství a lihovarnství. V pivovarnství je stále značně rozšířena ve střední a západní Evropě včetně Velké Británie. V moderních závodech však je měď nahrazována nerezavějící ocelí, hlavně z důvodu nákladů na údržbu. V lihovarnství se výlučně měděné kotle používají při výrobě Skotské whisky a také většina irských whisky a jiných destilátů se vyrábí v měděných kotlicích.

4. HLINÍK

Vysoce čistý hliník (více než 99,99 %) se používá v potravinářském a farmaceutickém průmyslu. Je odolný

vůči korozi vzhledem ke vzniku tenké povrchové vrstvy oxidu. Vzhledem k tomu, že je levný, lehký, dobře se čistí a má velkou tepelnou vodivost, je v potravinářském průmyslu značně rozšířen. Nesnáší však vysoké ani nízké hodnoty pH, při kterých se rozpouštějí ochranné vrstvy oxidu. Při jeho použití je třeba mít na zřeteli nebezpečí galvanické koroze, zvláště v kombinaci s mědí. Spolu s nerezavějící ocelí jej však lze použít.

Jak ukázaly experimentální výsledky z posledních let, přestává být hliník považován za netoxický [6, 7].

Hliník se používá na zásobníky kyselých produktů např. octa. Protože je v octě přítomna sůl, dochází k přechodu hliníku do roztoku, je-li použito hliníkového materiálu běžné komerční čistoty.

Ke konstrukci fermentorů se hliník nepoužívá, neboť většina kultivačních médií působí korozi hliníku. Při povrchovém způsobu výroby citrónové kyseliny se používá mís zhotovených z hliníku o vysoké čistotě [8].

Jako výhodné se použití hliníku ukázalo při výrobě toxinu diphterie [9] a siderophores, tj. např. desferrioxaminu [10], což jsou procesy citlivé na železo.

5. OSTATNÍ KOVY

Řada sloučenin niklu je odolná vůči korozi. Monelův kov (např. Monel 400; 66 % Ni, 33 % Cu; výrobce Inco Alloys) odolává redukčnímu prostředí a lze jej proto použít spolu s nerezavějícími ocelmi.

Speciální **Ni-Mo-Cr slitiny** zvané Hastelloy B a C (výrobce Cabot Corp.) a slitiny zirkonia jsou vysoce odolné vůči korozi, zvláště vůči koncentrovaným minerálním kyselinám. Proto se, kromě povrchové úpravy inertním materiálem, tyto slitiny používají k výrobě nádob, čerpadel, potrubí a armatur pro kyseliny k úpravě a regulaci pH.

Titan nepodléhá v přítomnosti chloridových iontů bodové korozi ani napěťové korozi doprovázené tvorbou trhlin. Je též odolný vůči octové, mléčné a citrónové kyselině. Vzhledem ke své ceně (tab. 1) se však používá jen ve zcela výjimečných případech.

Cín se používá k povrchové úpravě méně odolných materiálů, protože je netoxický.

Kadmium je vysoce toxické. Proto se nesmějí používat součástky (např. šrouby a matice) s povrchovou úpravou kadmiováním v potravinářském a farmaceutickém průmyslu. Totéž platí o součástkách pokovených **zinkem**. Ani **olovo** nesmí přijít do styku s produkty. Také pájení měkkými i tvrdými pájkami je možno provádět jen z vnějších stran, tzn. tam, kde tento materiál nepřijde do styku s kultivačním médiem (inhibiční účinky na buňky).

Mosaz a bronz se používají pro různé strojní součásti, které nepřicházejí do styku s kultivačním médiem. Jsou to např. ventily na vodu, páru a vzduch, ložiska, součásti ve spojení s nerezavějící ocelí (šroubové spoje) apod.

Literatura

- [1] WALKER, J. A. H. - HOLDSWORTH, H.: Biochemical Engineering (Ed. R. Steel), Heywood & Co., London 1958, s. 241
- [2] HEROLD, M. et al.: Antibiotika, NČSAV, Praha 1957, s. 34
- [3] STEFANIK, J. J., et al.: Ind. Eng. Chem. **38**, 1946, s. 666
- [4] BULL, D. N. - THOMA, R. W. - STINNETT, T. E.: Adv. Biotechnol. Proc. **1**, 1983, s. 1
- [5] FELL, G. S. - MAHONY, D.: The Lancet 1986, August 23, s. 467
- [6] FERRY, G.: New Scientist, 27 February 1986, s. 23
- [7] TENNAKONE, K. - WICKRAMANYAKE, S.: Nature **325**, 1987, s. 202
- [8] KAPOOR, K. K. - CHAUDHARY, K. - TAURO, P.: Prescott & Dunn's Industrial Microbiology (Ed. G. Reed), Avi Publishing Co. Inc., Westport, Connecticut 1982, s. 709
- [9] LINGGOOD, F. V., et al.: Nature **176**, 1955, s. 1128
- [10] MESSENGER, A. J. M. - RATLEDGE, C.: Comprehensive Biotechnology (Eds. M. Moo-Young, H. W. Blanch, S. Dew, D. I. C. Wang), Vol. 3, Pergamon Press, London 1985, s. 275
- [11] Poldi Spojené ocelárny Kladno, Poldi Anticoro, nerezavějící a žáruvzdorné oceli, 1978

Lektoroval Ing. Ladislav Chládek, CSc.

Páca, J.: Konstrukční materiály pro biotechnologický průmysl. I. Kovy a jejich slitiny. Kvas. prům., **36**, 1990, č. 2, s. 40—42.

Je uveden přehled kovových materiálů, jejich vlastností a použití ke konstrukci aparátů a zařízení pro biotechnologický průmysl.

Паца, Я.: Конструкционные материалы для биотехнологической промышленности. I. Металлы и их сплавы. Квас. прум., **36**, 1990, № 2, стр. 40—42.

Приводится обзор металлических материалов, их свойства и применение для конструкции аппаратов и оборудования для биотехнологической промышленности.

Páca, J.: Materials of Construction in Biotechnological Industries. Part I. Metals and Their Alloys. Kvas. prům., **36**, 1990, No. 2, pp 40—42.

Metalic materials, their properties and uses for a construction of apparatuses and equipments in the biotechnological industries are discussed.

Páca, J.: Konstruktionsmaterialie für die biotechnologische Industrie. I. Metalle und ihre Legierungen. Kvas. prům., **36**, 1990, No. 2, S. 40—42.

Der Artikel bringt eine Übersicht von Metallmaterialien, ihren Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten zur Konstruktion der Apparate und Einrichtungen für die biotechnologische Industrie.



Z výrobních závodů

Současnost a historie

Komínový nástavec hvozdu sladoven se sacím a tlumicím protihlukovým účinkem

V konstrukci závodu STROJOBAL Olomouc byl vyvinut a dilaми pivovaru Pardubice zhotoven komínový nástavec se sacím a tlumicím protihlukovým účinkem. Popudem k urychlenému vyřešení byly neustálé stížnosti obyvatel blízkého sídliště na hluk, který vydával hvozdivý ventilátor sladovny.

Dosud známé komínové otočné nástavce jsou značně složité, při zadření nebo korozi ložisek se komínové nástavce neotáčejí a nenastavují se podle směru větru. V mnoha případech dochází k opačnému proudění vzduchu a průniku vodních srážek do komínů. Jednoduché protidešťové stříšky neplní při větru a dešti svou funkci

a do komínů zatéká. U obou systémů je šířen do okolí hluk z odtahových ventilátorů, který narušuje životní prostředí obyvatel.

Nevýhody dosud známých otočných komínových nástavců a protidešťových stříšek jsou odstraněny komínovým nástavcem se sacím a tlumicím protihlukovým účinkem, jehož podstata spočívá v tom, že na základním prstenci s kuželovým náběhovým pláštěm je připevněn sací komorový plášť a rozváděcí protidešťová stříška s odkapovou trubicí. Vnitřní plochy jsou opatřeny náterem s tlumicím účinkem.

Výhodou komínového nástavce se sacím a tlumicím protihlukovým účinkem je, že při jednoduché konstrukci dokonale zabraňuje pronikání vodních srážek do hvozdu, již při mírném větru na návětrné straně nástavce injektorovým způsobem zvyšuje tah a snižuje hladinu