

## Padesátilitrový kulový fermentor Chemap

683.13  
683.14.033

Ing. VÍT MATĚJŮ, Ing. Petr KUJAN, Ústav experimentální botaniky ČSAV, Praha

Kulový fermentor byl zkonstruován na základě výzkumných prací profesora Armina FIECHTERA z Mikrobiologického ústavu ETH Zürich [1]. Jeho práce byla zaměřena zejména na výzkum optimálního tvaru fermentoru ve vztahu k maximální homogenitě obsahu. Optimální tvar fermentoru zjištěný při výzkumu musel být z výrobních důvodů změněn na tvar kulový.

Kulový padesátilitrový fermentor vyrábí švýcarská firma Chemap AG, Männedorf.

Fermentor je tvořen pláštěm z nerezavějící oceli, rozděleným ekvatoriálně na dvě polokoule. Spojení polokoulí je provedeno osmi závitovými svorkami.

V horní polokouli je ve vrchlíku umístěn mechanický odpěňovač FUNDAFOM, dále dva otvory pro měřicí sondy, pět uzavíratelných otvorů pro přívod média, živin apod., vnitřní osvětlení fermentoru, zasklený otvor pro vizuální pozorování, přívod vzduchu a manometr. Odplyny jsou z fermentoru odváděny nad mechanickým odpěňovačem přes chladič a filtr.

V dolní polokouli je umístěno turbinové míchadlo EFFIGAS se samonasávacím účinkem. Samonasávání je podmíněno soustavou plochých, stojatě umístěných zářezů obdélníkového průřezu a přepadovým válcem s nastavitelnou velikostí otvorů. Zářezy slouží zároveň jako deskové výměníky. Jsou propojeny na horním a spodním konci se dvěma horizontálně uloženými anuloidy, s nimiž tvoří soustavu pro regulaci teploty. V dolní polokouli je dále zabudován kohout pro odběr vzorků a výpustní otvor uzavíratelný v sérii zapojenými ventily — jeden ovládaný ručně, jeden pneumaticky, otvor pro připojení přístroje na stanovení sušiny biomasy FUNDALUX, teplotní čidlo a jeden volný uzavíratelný otvor. Všechny regulační prvky a měření veličiny jsou vyvedeny do ovládacího panelu. Fermentor může pracovat při tlaku do 0,2 MPa.

### Míchání

Turbinové míchadlo EFFIGAS je poháněno elektromotorem (2,5 kW). Přenos z motoru na míchadlo ozubeným řemenem. Otáčky míchadla jsou plynule regulovatelné od 0 do 3000 ot/min. Uspořádání zářezů a přepadového válce přispívá k zajištění velmi dobré homogenity prostředí. Turbinové míchadlo EFFIGAS má samonasávací funkci a umožňuje vysoký přenos kyslíku.

Princip funkce míchadla EFFIGAS spočívá v tom, že kapalina je nasávána do středu turbíny, která má funkci podobnou jako odstředivka. Stlačuje se ve zúženém místě turbíny, kterým kapalina prochází. Tím vzniká na vstupu podtlak. V tomto místě jsou vyústěny trysky pro přívod vzduchu. Osa, na které se turbína otáčí, je dutá a slouží pro přívod vzduchu. Tento dutý hřídel je zakončen radiálně rozmístěnými tryskami, z nichž je vzduch vysáván pod tlakem na vstupu do turbíny. Tím se dosáhne vysoké rychlosti přestupu plynu do kapaliny. Vzniká disperze, která je při průchodu turbinou radiálně zrychlována a vystřelována do fermentačního prostoru [2].

### Vzdušnění

Stlačený vzduch z kompresoru je veden do systému přes odlučovač vlhkosti, redukční ventil, rotametr, automaticky regulovaný pneumatický ventil a keramický filtr. Přímou u fermentoru je přívod vzduchu rozdělen na

dvě cesty. Jednak je vzduch vháněn přímo do turbinového míchadla 6 radiálními tryskami, jednak je možno použít vzdušnění nad hladinou média. Druhá cesta je uzavíratelná ručním ventilem.

Maximální propustnost keramického vzduchového filtru je 50 l/min.

Odplyny z fermentoru jsou odváděny nad turbinami mechanického odpěňovače přes vodní chladič (0,03 m<sup>2</sup>) a keramický filtr (max. 50 l/min).

### Topení, chlazení

Zarážky ve fermentoru jsou duté a slouží jako tepelné výměníky. Jsou propojeny se dvěma anuloidy. Do spodního je napojen přívod i odvod média. Jako chladič kapalina je použita voda. Ze samostatného vodního okruhu je vedena buď přes topné těleso (3 kW) nebo obchvatem. Jednotlivé cesty se otevírají a uzavírají automaticky solenoidy. Rovněž zapínání a vypínání topného tělesa je automatické. Obojí regulaci zajišťují impulsy podle hodnot naměřených teplotní sondou.

### Mechanické odpěňování

Mechanický odpěňovač FUNDAFOM je rovněž výrobkem firmy Chemap AG. Je poháněn elektromotorem (1,1 kW) s konstantními otáčkami 2800 min<sup>-1</sup>. Elektromotor pohání tři nad sebou umístěná turbinová míchadla, která rozrážejí pěnu.

Mechanický odpěňovač je chlazen vodou v uzavřeném okruhu.

### Měření a regulace

#### a) Měření a regulace pH

Pro měření pH je použito pH-elektrody, výrobce Dr. W. INGOLD, Zürich, Švýcarsko, typ 465. Je to kombinovaná skleněná elektroda. Jako elektrolyt slouží 3 M KCl. Je možno ji sterilovat.

Zesilovač je od firmy EXNER & Co. KG., Kapellen, NSR.

Regulační pH-metr je od firmy M. K. JUCHHEIM GmbH, Fulda, NSR.

Na regulačním pH-metru lze nastavit regulovanou úroveň pH. Impulsy z tohoto pH-metru uvádějí do chodu dávkovací čerpadlo na kyselinu nebo louh. Prodleva i pracovní čas jsou nastavitelné.

#### b) Měření a regulace rozpuštěného kyslíku

Rozpuštěný kyslík je měřen sondou INGOLD. Hladina rozpuštěného kyslíku může být udržována na konstantní hodnotě pneumatickým ventilem (F. SAUTER AG., Basel, Švýcarsko). Ten je otevírán a zavírán impulsy z regulátoru rozpuštěného kyslíku (SIEMENS).

Průtok vzduchu do fermentoru je měřen rotametry (výměnná sada; průtoky 5–15 l/min; 10–30 l/min; 20 až 80 l/min; VD - ČSAV).

#### c) Měření a regulace teploty

Okruh pro udržování konstantní teploty během fermentace je popsán výše. Teplota ve fermentoru je měřena Pt-sondou. Regulační teploměr má rozsah 0–50 °C (G. BAUER MESSINSTRUMENTE AG. Wohlen, Švýcarsko).

#### d) Regulace otáček

Otáčky turbinového míchadla jsou plynule měnitelné



od 0 do 3000 ot/min. Na ovládacím panelu je umístěn i kontrolní otáčkoměr.

e) *Regulace objemu fermentovaného média*

Během kontinuální fermentace je konstantní objem média udržován v závislosti na příkonu míchadla.

Na ovládacím panelu je umístěn regulační ampérmetr. Při zvýšení objemu stoupne proud. Tím je dán impuls pneumatickému ventilu na výpustním otvoru, který zůstane otevřen, dokud proud nepoklesne na nastavenou hodnotu.

f) *Měření sušiny biomasy ve fermentoru*

Ke stanovení sušiny biomasy ve fermentoru slouží přístroj FUNDALUX (CHEMAP AG). Umožňuje kontinuální stanovení sušiny biomasy ve fermentovaném médiu.

Přístroj je připojen přímo na fermentor. V nastavitelných intervalech (od cca 20 s do 2 h) je automaticky odebrán vzorek. Vzorek do měřicí kyvety 50 ml nasává teflonový píst pneumaticky. Po nasátí vzorku do kyvety se vytvoří v kyvetě podtlak, který napomáhá rychlejšímu odplynění vzorku. Po těchto předběžných operacích je ve vzorku měřena extinkce. Jako zdroj světla slouží wolframová lampa. V přístroji lze vyměňovat podle potřeby různé interferenční filtry.

g) *Registrace měřených veličin*

Pro registraci měřených veličin je použito šestibodového zapisovače JUMO (JUCHHEIM GmbH & Co., FULDA, NSR). Během provozu jsou registrovány tyto veličiny: teplota, pH, rozpuštěný kyslík, sušina biomasy.

**Sterilizace**

Celý fermentor je možno sterilovat. K tomu slouží samostatný rozvod páry pro sterilaci. Je možno sterilovat i příslušenství, např. pH-elektrodu, O<sub>2</sub>-sondu, přístroj pro měření sušiny biomasy atd.

**Zkušenosti z provozu fermentoru**

Celé zařízení je na našem pracovišti v provozu cca 15 měsíců. Tato doba je dostatečná k tomu, abychom mohli vyzdvihnout klady, ale zároveň konstatovat i některé nedostatky celého zařízení.

Zařízení bylo používáno převážně při řešení státního úkolu zaměřeného na využití odpadu z průmyslu celulosy — sulfitových výluhů.

Provoz celého zařízení byl spolehlivý. Nevyskytly se žádné mechanické poruchy. Měřicí a regulační technika fungovala rovněž bez závad.

Během provozu se však ukázalo, že mechanický oděňovač FUNDAFOM nestačí udržet pěnu při větším plnění fermentoru (nad 50 %). Bylo proto nutno oděňovat i chemicky. Jako další nedostatek se projevila regulace objemu v závislosti na příkonu míchadla. Stabilizace napětí není dostatečná a tato regulace je citlivá na výkyvy v síti. Je třeba uvést, že samotný výrobce tuto regulaci nepovažuje za dostatečně přesnou a dodává k tomuto účelu ještě jiné zařízení, pracující na základě změny hmoty ve fermentoru. Bohužel toto zařízení nebylo k fermentoru dodáno.

Regulace teploty, pH a rozpuštěného kyslíku pracovala spolehlivě a přesně.

Měření sušiny biomasy ve fermentoru je spolehlivé jen při kultivacích na určitých typech médií (např. melasa, syntetická média). Pro měření v sulfitových výluhách není vhodné. Pěnovost tohoto média je abnormálně vysoká a doba pro odplynění vzorku v kyvetě nebyla v tomto případě dostatečná. Celkově lze říci, že celé zařízení je provozně velmi spolehlivé a dosahuje špičkové úrovně.

**Literatura**

- [1] FIECHTER A.: Bioreaktoren und Prozesskontrolle. Sborník přednášek „Konference papíru a celulosy“ JIP n. p. Větrní, str. 27 až 35, 1974
- [2] CHEMAP AG.: EFFIGAS — a new stirrer system for gas/liquid reactions. Firemní literatura, 1977

**Matějů, V., Kujan, P.: Padesátilitrový kulový fermentor CHEMAP. Kvas. prům. 24, 1978, č. 7, s. 158—160.**

Článek popisuje nový typ fermentoru. Nerezavějící kulový plášť je vybaven turbínovým míchadlem EFFIGAS se samonasávacím účinkem ( $n = 0-3000$  ot/min), mechanickým oděňovačem FUNDAFOM ( $n = 2800$  ot/min), pH-elektrodou, O<sub>2</sub>-sondou, přístrojem FUNDALUX na stanovení sušiny biomasy a topením (chlazením). Průtok vzduchu lze nastavit na konstantní hodnotu nebo může být regulován automaticky tak, aby byla konstantní hodnota rozpuštěného kyslíku v médiu. Teplota, pH a rozpuštěný kyslík mohou být regulovány automaticky. Hodnoty měřených veličin jsou zapisovány šestibodovým zapisovačem.

V závěru jsou stručně popsány zkušenosti z provozu celého zařízení.

**Матею, В. — Куян, П.: Шаровой броидильный аппарат типа ХЕМАП, емкостью 50 л. Квас. прум. 24, 1978, № 7, стр. 158—160.**

В статье описывается новый тип броидильного аппарата, выпускаемого под маркой ХЕМАП. Шаровидный корпус аппарата изготовлен из нержавеющей стали. Аппарат оборудован турбомешалкой ЭФФИГАС с самовсасывающим устройством (число оборотов мешалки  $n = 0-3000$  об/мин), механическим пеногасителем ФУНДАФОМ ( $n = 2800$  об/мин), pH электродом, датчиком содержания кислорода, прибором ФУНДАЛУКС для определения содержания сухого вещества в биологической массе, системами отопления и охлаждения. Подача воздуха может быть постоянной или может автоматически изменяться для поддержания постоянного значения количества кислорода, растворенного в сбраживаемой массе. Температура, pH и количество кислорода регулируются автоматически. Данные всех измерений автоматически регистрируются. Заключительная часть статьи посвящена опыту, приобретенному в ходе эксплуатации аппарата.

**Matějů, V., Kujan, P.: Spherical Fermentor CHEMAP — 50 Liter. Kvas. prům. 24, No. 7, pp. 158—160.**

The article deals with the description of the new type of a fermentor. The stainless steel bioreactor blanket is equipped with the EFFIGAS stirrer system with selfsuction property [ $0-3000$  rpm], the FUNDAFOM mechanical defoamer [2800 rpm], pH-electrode, O<sub>2</sub>-electrode, the FUNDALUX instrument for the determination of dry matter, and with the heating [cooling]. Air flow can be adjusted either constant or automatically controlled to be dissolved oxygen value constant in medium. Values of temperature, pH, and dissolved oxygen can be controlled automatically. Measured variables are registered by a 6-point recorder.

The operation experience is briefly mentioned in the article.

**Matějů, V., Kujan, P.: Kugelfermenter CHEMAP — 50 Liter. Kvas. prům. 24, 1978, No. 7, S. 158—160.**

Der Artikel beschreibt einen neuen Typ von Bioreaktor. Dieser besteht aus einem kugelförmigen Mantel aus rostfreiem Stahl und einem Turbinerührwerk EFFIGAS [ $n = 0-3000$  U/min], mit selbstsaugendem Effekt. Der Fermenter ist mit mechanischem Schaumbekämpfer FUNDAFOM [ $n = 2800$  U/min], mit einer pH- und O<sub>2</sub>-



Sonde, Temperaturregulation, mit einem Gerät für automatische Biomassetrockensubstanzbestimmung FUNDALUX, sowie auch mit automatischer Regulierung des Luftdurchflusses, womit der eingestellte Wert des Gelöstsauerstoffgehaltes im Medium erhalten wird, ausgerüstet. Die Luftmenge kann ebenso auf einen kon-

stanten Wert eingestellt werden. Die Temperatur, pH und Gelöstsauerstoff werden automatisch reguliert und registriert. Registriert wird auch das Biomassetrockensubstanzgehalt.

Im Artikel sind kurz die Erfahrungen aus dem Betrieb der gesamten Einrichtung zusammengefasst.

---