

Nový typ laboratorního fermentoru

579 663

JAROSLAV ŠRÁMEK, Ing. VILÉM SCHÖN, Mikrobiologický ústav ČSAV, Praha

Klíčová slova: laboratorní fermentor, kultivace, sterilace

1. ÚVOD

Velmi důležitou součástí každé kultivační nádoby je vhodná míchací zařízení. Slouží nejen k homogenizaci obsahu, nýbrž i k distribuci kyslíku, popř. dalších plynů potřebných k optimálnímu růstu mikroorganismů. Pohon většiny rotačních míchadel představuje značný problém, týkající se hlavně funkční spolehlivosti při dlouhodobém provozu a rovněž volby vhodné pohonné jednotky.

2. KATEGORIE UŽÍVANÝCH LABORATORNÍCH FERMENTORŮ

Je nutno se zmínit ještě o dvou kategoriích převážně používaných malých laboratorních fermentorů. Pomíne-li speciální fermentory pro genetické účely, jakož i nemíchané fermentory typu „air lift“, můžeme v zásadě uvažovat o dvou kategoriích těchto nádob, lišících se od sebe způsobem sterilizace.

První kategorii představuje fermentor sterilovatelný „in situ“. Jde o celonerezové nádoby, které se sterilují vháněním páry do duplikátoru uzavřené nádoby, až vznikne uvnitř potřebný přetlak páry (zpravidla 0,2 MPa). Některé z nich bývají vybaveny vnitřním osvětlením a skleněným průzorem z teplotně a tlakově odolného skla. Jako příklad možno uvést fermentor BL 15.2 s celkovým obsahem 20 l, vyráběný firmou BL Biolafitte Francie (obr. 1). Je zřejmé, že fermentor této kategorie s celým příslušenstvím je nutno z bezpečnostních důvodů s celým příslušenstvím vybavit jako tlakovou nádobu. Rovněž všechny elektrody a čidla musí být teplotně a tlakově rezistentní. Hřídel rotačního míchadla většiny těchto nádob prochází dnem nebo víkem a bývá obvykle utěsněna mechanickou ucpávkou dimenzovanou na značný tlakový rozdíl. U těchto fermentorů je možnost míchání média

během sterilace. Fermentory této kategorie jsou však velmi nákladné.

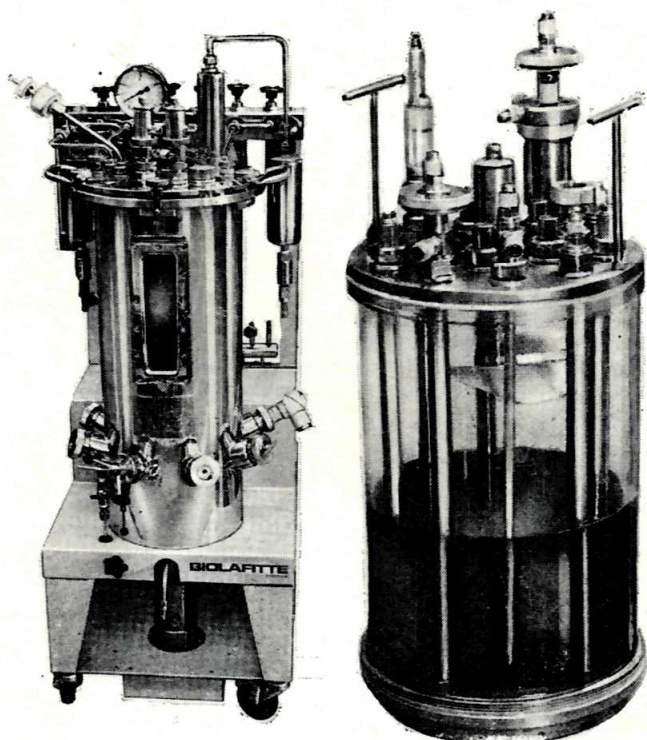
Druhou kategorií představuje typ laboratorního fermentoru přibližně stejného objemu, který se skládá ze skleněné nádoby s nerezovým dnem a víkem, nebo ze skleněné nádoby s víkem. Tento fermentor je konstrukčně mnohem jednodušší, rovněž náklady na výrobu jsou podstatně nižší a umožňuje vizuální kontrolu procesu. Sterilizace se provádí vložením kompletně vybavené nádoby do parního autoklávu. Při sterilaci tímto způsobem nedochází k většímu rozdílu mezi tlakem uvnitř autoklávu a uvnitř kultivační nádoby, protože oba prostory jsou od sebe odděleny pouze sterilní, např. vatovou zátkou. Pohon rotačního míchadla je možno zajistit buď jako u předchozí kategorie pomocí hřídele procházející dnem nebo víkem a utěsněné mnohem jednodušší ucpávkou, nebo využitím magnetického přenosu síly. Rovněž příslušenství této nádoby je mnohem jednodušší, protože elektrody a čidla nemusí být tlakově rezistentní. Navíc je možno parní autokláv použít ke sterilaci několika nádob i jiného zařízení. Za nevýhodu této kategorie byl pokládán fakt, že nebylo možno zajistit míchání média během sterilace, což zejména při použití koncentrovaných půd znamenalo nebezpečí, že se během zahřívání vytvoří později nerozmíchatelné krusty.

Zatím jediným představitelem této kategorie fermentorů na našem trhu (sterilovatelných v autoklávu) je laboratorní fermentor LF 20 o užitém obsahu 10 l (vyvinutý v Mikrobiologickém ústavu ČSAV), který se již několik let vyrábí v JZD Agrokombinát Slušovice (obr. 2). Kultivační nádoba je vybavena spodním mícháním s pohonem míchadla magnetickou spojkou z permanentních magnetů, jejíž jedna část je uložena ve dnu nádoby, druhá část na hřídeli pohonné jednotky. Spodní míchání umožňuje využít celou plochu víka k vybavení veškerými čidly a regulačními elementy k řízení biologických procesů, jakož i účinným odpeňovačem a sterilizačními filtry pro vstup a výstup vzduchu.

3. POHON ROTAČNÍCH MÍCHADEL

Problematika pohonu rotačních míchadel u fermentorů je značně komplikovaná vzhledem k nutnosti, že na jedné straně je třeba zajistit spolehlivý přenos síly z nestabilního prostředí do vnitřního prostoru kultivační nádoby, na druhé straně je třeba vzít ohled na další požadavky, jímž musí zařízení vyhovovat. Ide např. o vhodné ložiskové uložení, které vzhledem k umístění uvnitř nádoby musí pokud možno spolehlivě fungovat bez možnosti mazání. Dále musí vyhovovat při teplotách sterilace a být odolné proti chemickým vlivům. Mezi další požadavky patří volba vhodné pohonné jednotky pro pohon rotačních míchadel. Většinou se používají stejnosměrné motory, jejichž otáčky jsou málokdy nižší než 2 000 .min⁻¹, zatímco potřebné otáčky pro míchadla fermentorů jsou max. do 1 000 .min⁻¹, přičemž se vyžaduje regulace od 0. Pokud hřídel prochází dnem či víkem nádoby, je nutno zvolit vhodnou, zpravidla mechanickou ucpávku otáčející se hřídelem. Používali se magnetického přenosu síly, je třeba zvolit potřebnou magnetickou spojku. Tyto problémy řešili různí autoři rozdílným způsobem. U pohonných motorů je zpravidla nutno redukovat původní frekvence otáček motoru elektronicky, dále klíčovými, zubovými či jinými řemeny, nebo mechanickými převodovkami. Pokud hřídel míchadla neprochází stěnou nádoby, používají se různé typy magnetických přenosů včetně volně položeného magnetického tělíska na dně nádoby. Pohonné jednotky jsou buď spojeny s hřídelí míchadla, nebo se používá pevná či ohebná hřídel k prodloužení spoje, což umožňuje umístění motoru v panelu.

Připomínky k faktu, že u laboratorních fermentorů, sterilovaných v autoklávu nebylo dosud možno zajistit



Obr. 1. Fermentor BL 15.2
(firma BL Biolafitte, Francie)

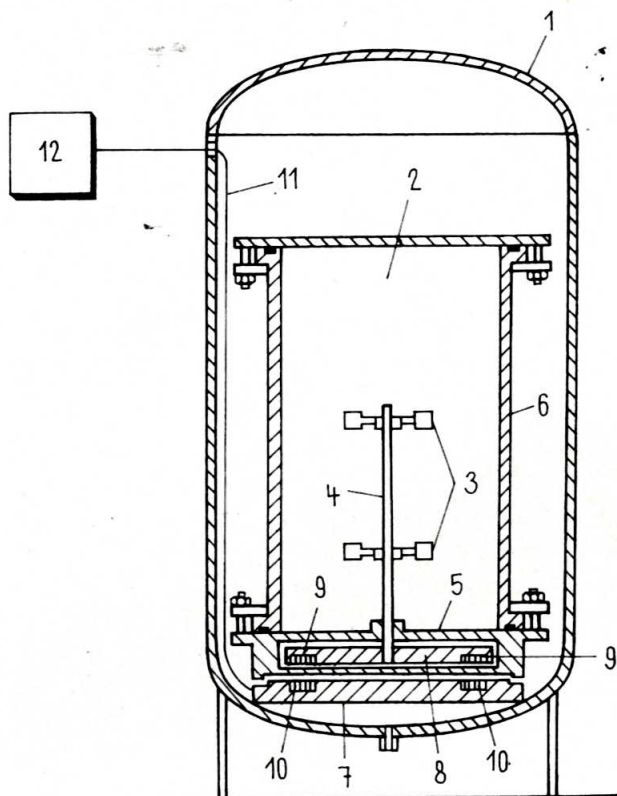
Obr. 2. Fermentor LF 20
(JZD Agrokombinát Slušovice)

míchání během sterilace, vedly autory PV k pokusu o vyřešení tohoto problému. Výsledkem je nový fermentor s pohonnou jednotkou. Jeho prototyp byl úspěšně vyzkoušen a představuje nejen možnost míchání malých fermentorů během sterilace v autoklávu, nýbrž vzhledem ke spolehlivosti a bezpečnosti provozu i použití jako stálého pohonu pro míchadla míchaných nádob a reaktorů, které vyžadují bezpečný provoz.

4. POPIS ŘEŠENÍ

Principem řešení pohonné jednotky laboratorních fermentorů je v podstatě krokový motor, složený z rotoru tvořeného soustavou permanentních magnetů uspořádaných do kruhu na desce, která je spojena s hřídelí míchadla. Rotor je uložen ve dnu kultivační nádoby a je oddělen od statoru tenkým dnem nádoby. Stator je tvořen kruhovou základovou deskou, v níž jsou zalaty dva okruhy elektromagnetů, jejichž pólové nástavce přiléhají po přiložení statoru ke dnu nádoby tak, aby vznikl optimální přenos magnetické indukce. Permanentní magnetické elementy rotoru jsou uspořádány tak, že vedle sebe umístěné elementy jsou vždy opačně magneticky orientovány a jejich počet je zásadně sudý. Rovněž vedle sebe umístěné pólové nástavce elektromagnetů jsou opačně magneticky orientovány. Generátor pulsů je kabelem připojen ke statorové desce a řídí spínání proudů do stejně orientovaných elektromagnetů, umístěných ve dvou okruzích ve čtyřech fázích.

Schéma zařízení je zřejmé z obr. 3. Laboratorní fermentor je tvořen kultivační nádobou 2 umístěnou v autoklávu 1. Kultivační nádoba 2 se skládá z pláště 6, uzavřeného víkem a dnem 5.



Obr. 3. Celkové schéma sestavy fermentoru s pohonem

Uvnitř je umístěno rotační míchadlo 3, které je upevněno na společné hřídeli 4 s rotorem 8 krokového motoru. Vně kultivační nádoby, pod dnem 5 je přiložen stator 7, který je elektrickým kabelem 11 spojen s generátorem pulsů 12. Ve statoru 7 jsou umístěny elektromagnety 10 s pólovými nástavci.

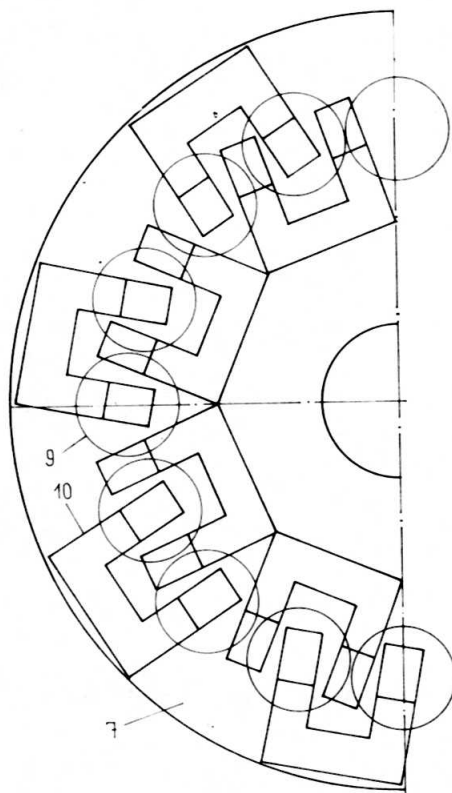
Obrázek 4 představuje uspořádání statoru a rotoru krokového motoru. Rotor 8 je osazen permanentními magnety 9. Na statoru 7 je zřejmé umístění elektromagnetů s pólovými nástavci 10.

Obrázek 5 představuje blokové schéma generátoru pulsů 12, který se skládá z usměrňovače 17, oscilátoru 13, fázovacího spouštěcího obvodu 14 a dvou bistabilních klopných obvodů 15. Jeden

bistabilní klopný obvod 15 s výkonovými spínači 16, zapojenými do obvodu vinutí elektromagnetů 10 statoru 7, tvoří vždy jeden ze dvou napájecích okruhů.

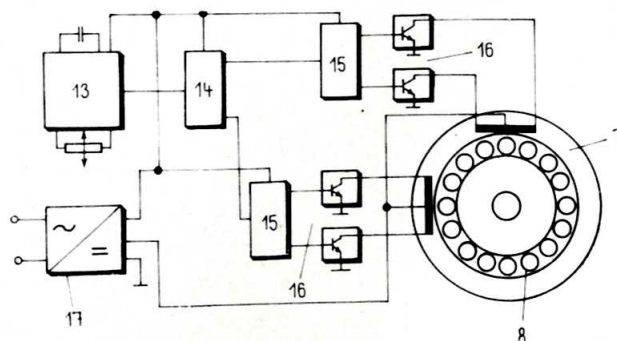
5. FUNKCE

Základem funkce je princip krokových motorů v kombinaci s rotorem opatřeným permanentními magnety. Z generátoru pulsů jsou v přesné časové posloupnosti vysílány statorové impulsy. První statorový impuls vytvoří v elektromagnetech prvního okruhu magnetické

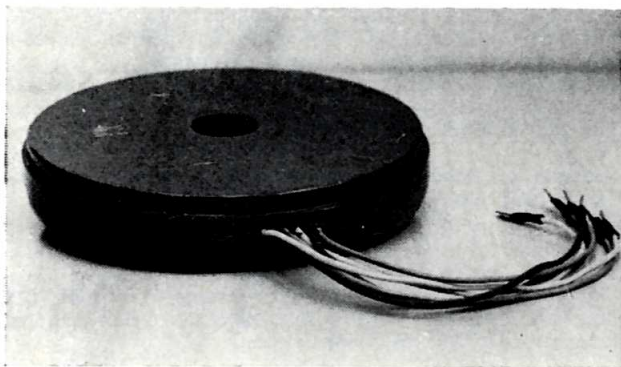


Obr. 4. Uspořádání statoru a rotoru krokového motoru

pole, které pootočí rotorem o vzdálenost rovnou polovině šířky permanentního magnetu. V době trvání prvního statorového impulsu je do vinutí elektromagnetů vyslán druhý statorový impuls, který způsobí dotočení rotoru o celou šířku permanentního magnetu. Potom následuje první statorový impuls, který v elektromagnetech prvního okruhu změni orientaci jejich magnetických polí, která v součinnosti s magnetickými poli permanentních magnetů způsobí další pootočení rotoru. Druhý statorový impuls opačného smyslu cyklus otáčení uzavírá. Vysláním čtyř impulsů se tak rotor posune vůči statoru o vzdá-



Obr. 5. Blokové schéma generátoru pulsů



Obr. 6. Praktické provedení statoru

lenost přibližně rovnou dvojnásobku šíře permanentního magnetu. Rychlost otáčení motoru se reguluje změnou frekvence statorových impulsů a smysl otáčení se řídí změnou jejich fáze. Elektromagnety statoru jsou v konkrétním případě tvořeny elektromagnety s jedním funkčním pólovým nástavcem. Dále jsou elektromagnety jednotlivých okruhů rozděleny do dvojic, spojených vinutím tak, aby jejich pólové nástavce vedle sebe umístěné byly vždy opačně magneticky orientovány.

6. REALIZACE PROTOTYPŮ

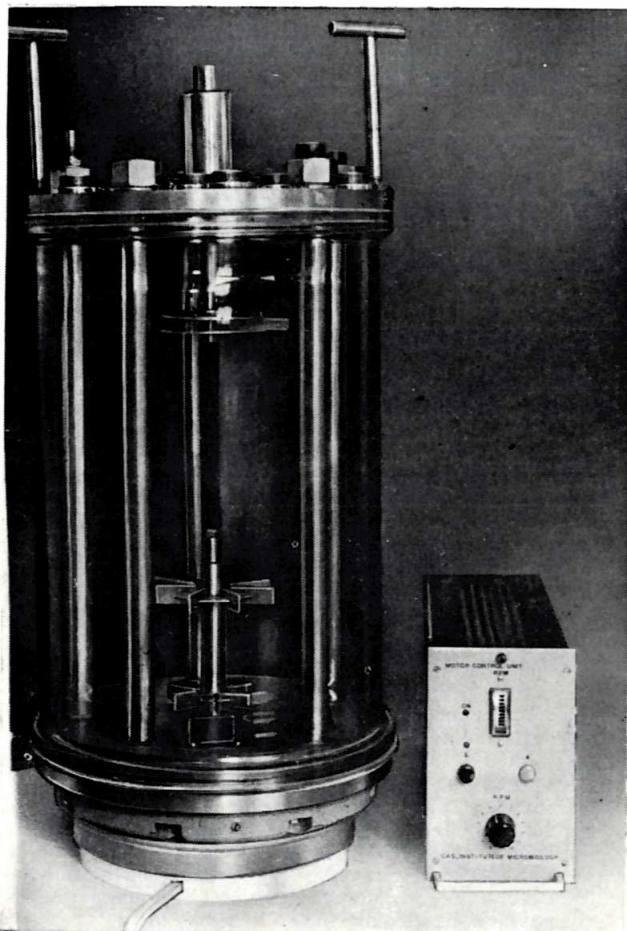
K praktické realizaci byl použit laboratorní fermentor LF 20, vyvinutý v Mikrobiologickém ústavu ČSAV a současně vyráběný v JZD Agrokombinát Slušovice, původně poháněný stejnosměrným motorem pomocí magnetické spojky. Obecně však lze říci, že se dá aplikovat na každý fermentor této kategorie se spodním mícháním.



Obr. 7. Generátor pulsů

Rotor v kultivační nádobě je tvořen kruhovou deskou s kulatými feritovými permanentními magnety na obvodu, zalitými do teplotně odolné zalévací hmoty. Je uložen axiálně ve dnu kultivační nádoby tak, aby se otáčel co nejnižší nad zeslabeným dnem nádoby. Celkový počet těchto magnetů musí být vždy sudý a vedle sebe umístěné magnety musí být vždy opačně magneticky orientovány.

Stator (obr. 6) byl konstruován tak, že elektromagnety s pólovými nástavci byly přesně geometricky umístěny, aby nástavce korespondovaly s umístěním permanentních magnetů statoru. Takto umístěné elektromagnety byly elektricky propojeny a zality teplotně odolnou zalévací hmotou tak, aby se jejich pólové nástavce nacházely na dosedací ploše statorové desky. Vývody statoru byly propojeny sterilovatelným kabelem s generátorem pulsů (obr. 7). Motor se sestaví pouhým postavením dna kultivační nádoby na osazenou horní plochu statorové desky (obr. 8). Celé zařízení bylo realizováno výhradně z tuzemských součástek.



Obr. 8. Celková sestava fermentoru s pohonem

K zajištění bezpečného provozu i v podmínkách sterilace párou v autoklávu (teplota 150 °C, tlak páry 0,2 MPa) se zařízení napájí bezpečnostním napětím 24 V. Dosáhlo se frekvence otáček míchadla 0 až 500 min⁻¹ při výkonu asi 70 W. Regulace otáček probíhá bez jakéhokoli zpřevodování. Celý fermentor i s pohonem je prostorově velmi efektivní, takže kromě možnosti umístění např. ve stojatém autoklávu při sterilaci je možno nádobu, která vyžadovala umístění ve stojanu, umístit na stole (obr. 8). Celý komplet může bez komplikací pracovat i v šikmé poloze.

Nový typ pohonu fermentoru byl konstruován podle PV 4778-86 s názvem „Laboratorní fermentor“ autorů J. Šrámka a ing. V. Schöna. Je patentově chráněn v NSR, Švýcarsku a Švédsku.

Literatura

- [1] PÁČA, J.: Kvas. prům., **33**, 1987, s. 208
- [2] PÁČA, J.: Kvas. prům., **33**, 1987, s. 335
- [3] PÁČA, J.: Kvas. prům., **33**, 1987, s. 300
- [4] PÁČA, J.: Kvas. prům., **33**, 1987, s. 176
- [5] PÁČA, J.: Kvas. prům., **33**, 1987, s. 146
- [6] PÁČA, J.: Kvas. prům., **33**, 1987, s. 111
- [7] PÁČA, J.: Kvas. prům., **33**, 1987, s. 75
- [8] Firemní literatura firem New Brunswick Sci, Biolafitte, Electrolux AB, Chemap AG, B. Braun Melsungen, LH Engineering, 1980—1985

Lektoroval Ing. Jan Páča, CSc.

Šrámek J. - Schön V.: Nový typ laboratorního fermentoru, Kvas. prům., 35, 1989, č.2, s. 45—52.

Byl zkonstruován nový typ pohonu pro rotační míchadla laboratorních fermentorů, který může pracovat i v podmínkách sterilace párou v autoklávu, jakož i v dalších extrémních podmínkách. Nové zařízení umožní rozšířit použití konstrukčně jednodušších a cenově výhodných fermentorů.

Шрадек, Я. - Шэн, В.: Новый тип лабораторного ферментера. Квас. прум., 35, 1989, № 2 стр. 45—52.

Сконструирован новый тип привода ротационной ме-

шалки, предназначенной для лабораторных ферментеров, который может работать как в экстремальных условиях при стерилизации паром в автоклаве, так и в экстремальных условиях другого рода. Новая установка позволит расширенное использование более простых в отношении конструкции ферментеров.

Šrámek, J. - Schön, V.: New Type of Laboratory Fermenter. Kvas. prům., 35, 1989, No. 2, pp. 45—52.

A new type of the driving device for rotary stirrer in laboratory fermenters has been constructed. This device can be used even during steam sterilization in an autoclave as well as under the other extreme conditions. The new device makes possible to extend the use of low-cost fermenters by simple construction.

Šrámek, J. - Schön, V.: Neuer Typ von Laborfermentoren. Kvas. prům., 35, 1989, Nr. 2, S. 45—52.

Ein neuer Typ des Antriebes für Rotationsrührwerke von Laborfermentoren wurde konstruiert. Er kann auch während der Dampfsterilisierung in Autoklaven, sowie in anderen Extrembedingungen funktionieren. Diese Vorrichtung ermöglicht eine Gebrauchserweiterung von Fermentoren, deren Konstruktion einfacher und kostengünstig ist.