

30. Setkání kateder mechaniky tekutin a termomechaniky



22.-24.6. 2011

Špindlerův Mlýn

Jednotlivý příspěvek ze sborníku



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Analýza problémov pri spustení fermentačného procesu v reaktore so suchou fermentáciou

Peter PILÁT¹, Jozef JANDAČKA², Marian Mikulík³

¹ Ing. Peter Pilát, Katedra energetickej techniky, Strojnícka fakulta, Žilinská univerzita, Univerzitná 1, 010 26 Žilina, peter.pilat@fstroj.uniza.sk

² prof. Ing. Jozef Jandačka, PhD., Katedra energetickej techniky, Strojnícka fakulta, Žilinská univerzita, Univerzitná 1, 010 26 Žilina, jozef.jandacka@fstroj.uniza.sk

³ doc. Ing. Marian Mikulík, PhD., Katedra energetickej techniky, Strojnícka fakulta, Žilinská univerzita, Univerzitná 1, 010 26 Žilina, marian.mikulik@fstroj.uniza.sk

Abstrakt: *Technológia suchej anaeróbnej fermentácie sa stále stretáva s určitou nedôverou a preto sa vo väčšine bioplynových staníc využívajú technológie mokrej fermentácie. Fermentačný proces sa nezaobíde bez optimálne riadených podmienok: obsah sušiny, merná hmotnosť, pH a predovšetkým reakčná teplota. Na pracovisku Katedry energetickej techniky na Žilinskej univerzite bola vybudovaná experimentálna malokapacitná bioplynová stanica, ktorá umožňuje analýzu optimálnych parametrov anaeróbnych procesov suchej fermentácie. Jedným s prvotných problémov je naštartovanie fermentačného procesu, ktorého analýzou sa tento článok zaoberá.*

1. Úvod

Suchá fermentácia predstavuje jednostupňový proces, pri ktorom všetky procesy degradácie, ako je hydrolýza, tvorba kyselín, octové kvasenie a tvorba metánu, prebiehajú v jednom reaktore. V poľnohospodárstve sa suchá fermentácia objavuje len výnimočne a využíva sa len tam, kde nemožno surovinu s obsahom sušiny 20 až 60% mokrou cestou jednoducho spracovať. Preto voči suchým technológiám existuje určitá nedôvera a mokré aplikácie fermentácie tak výrazne prevažujú nad suchými. Do určitej miery je to dané aj tým, že väčšina bioplynových staníc sa stavia v blízkosti chovov zvierat, kde prevažujú odpady s obsahom sušiny pod 20%. Na druhej strane suchá fermentácia otvára nové možnosti pre poľnohospodárstvo. Nevznikajú žiadne odpady, ktoré je nutné nákladne likvidovať a naopak je možné získať hotové produkty ako elektrický prúd, teplo a hnojivo. Aby bolo možné posúdiť na koľko je nedôvera voči suchým technológiám oprávnená, bola v rámci vedeckého projektu č.1/0258/09 "Optimalizácia fermentačného reaktora pre suchú fermentáciu", ktorý je realizovaný s finančnou podporou Vedeckej grantovej agentúry MŠ SR

a SAV na pracovisku Katedry energetickej techniky ŽU v Žiline postavená experimentálna malá bioplynová stanica. Hlavným cieľom projektu je zistiť vplyv teplôt vnútri fermentačných komôr na fermentačné procesy pri výrobe bioplynu tak, aby sa dosiahla maximálna výťažnosť kvalitného bioplynu.

2. Experimentálne fermentačné reaktory

Experimentálne fermentačné reaktory majú tvar kvádra. Vnútorne rozmery dna fermentačných reaktorov sú 800 x 800 mm a výška 694 mm. To dáva vnútorný objem cca 0,44 m³. Do tohto priestoru sa umiestňuje spracovávaný materiál. Aby sa zabezpečil rovnomerný ohrev substrátu po celej výške fermentačného reaktora, bola medzi vnútorný a vonkajší plášť navrhnutá vodiaca stúpajúca skrutkovnica. Táto skrutkovnica zabezpečí plynulé prúdenie ohrievacej vody po celej výške stien fermentačného reaktora. Týmto by sa mala zabezpečiť rovnomerná teplota v celom vodnom plášti fermentačného reaktora a tým aj vhodné teplotné podmienky pre fermentačný proces.

3. Plnenie fermentačných reaktorov

Pri plnení fermentačných reaktorov je potrebné docieľiť optimálnu objemovú štruktúru spracovávaného substrátu, resp. jeho mernú hmotnosť. Vhodné rozpätie je 600 až 800 kg·m⁻³. Pri plnení kukuričnou silážou z 31. marca 2011 merná hmotnosť kukuričnej siláže v oboch fermentačných reaktoroch dosiahla hodnotu cca 625 kg·m⁻³. Každý fermentačný reaktor bol naplnený cca 275 kg kukuričnej siláže.

4. Obsah sušiny v spracovávanom substráte

V prípade potreby upravenia objemovej štruktúry substrátu, je možné použiť slamu alebo sečku. Objemovým zväčšením sa zamedzuje tvorba inhibičných látok, ktoré negatívne ovplyvňujú životný cyklus mikroorganizmov (napr. amoniak). Objemové zväčšenie je dôležité aj pre vytvorenie priestoru na odvetrávanie bioplynu zo spracúvaného substrátu a jeho kumuláciu v hornej časti fermentačného reaktora. Objemová štruktúra má tiež vplyv na hĺbku biologických procesov v profile spracovávaného substrátu. Optimálna sušina sa väčšinou pohybuje v závislosti od spracovávaného substrátu medzi 30 až 35%. Vlhkosť, resp. obsah sušiny v kukuričnej siláži sa určila prostredníctvom sušiacie váhy RADWAG WPS 50SX. Nameraný obsah vlhkosti v kukuričnej siláži bol 65,79%, tzn. obsah sušiny 34,21%. Pretože kukuričná siláž neobsahuje žiadne metanogénne baktérie 6. 4. 2011 sa do každého fermentačného reaktora pridalo cca 25 litrov hnojovice, ktorá bola pripravená rozmiešaním čerstvého kravského hnoja z RD Višňové, a to v teplej vode. Po naplnení boli oba fermentačné reaktory hermeticky uzavreté vekami, a tým sa spustil fermentačný proces.

5. Chemická analýza kukuričnej siláže

Pre prevádzku fermentačných reaktorov je potrebný správny pomer dusíka (N) a fosforu (P) k organickým látkam. Z bilancie výroby biomasy sa udáva potrebný pomer živín ako CHSK (chemická spotreba kyslíka): N: P v rozmedzí od 300 až 500: 6,7: 1. Pre substráty prirodzeného pôvodu je množstvo nutrientu postačujúce. Dôležitý z hľadiska produkcie bioplynu je pomer uhlíka a dusíka, ktorý by sa mal optimálne pohybovať v rozmedzí C: N = 20 až 35 (40): 1. Ak je tento pomer vysoký, dochádza k deficitu dusíka, pri nízkom pomere sa značne produkuje amoniak, ktorý je pri vyšších koncentráciách toxický pre anaeróbne baktérie, najmä metanogény.

Pre určenie výšky uvedených pomerov bolo potrebné uskutočniť chemickú analýzu kukuričnej siláže. Chemickú analýzu vykonal Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Akreditované skúšobné laboratórium v Spišskej Novej Vsi. Výsledky chemického rozboru kukuričnej siláže uvádza tabuľka 1. Chemická spotreba kyslíka analyzovaná pri rozboroch nebola. Čo sa týka pomeru dusíka a fosforu, jeho hodnota je 0,6. Odporúčaná hodnota tohto pomeru 6,7 je cca 10-násobne vyššia. Z pomeru uhlíka a dusíka vychádza hodnota cca 59. Aj v tomto prípade bola odporúčaná hodnota pomeru prekročená. Deficit dusíka v kukuričnej siláži bol eliminovaný pridaním hnojovice do kukuričnej siláže. Tým sa hodnota pomeru C: N viac priblíži odporúčanému pomeru.

6. Spustenie vykurovania fermentačných reaktorov

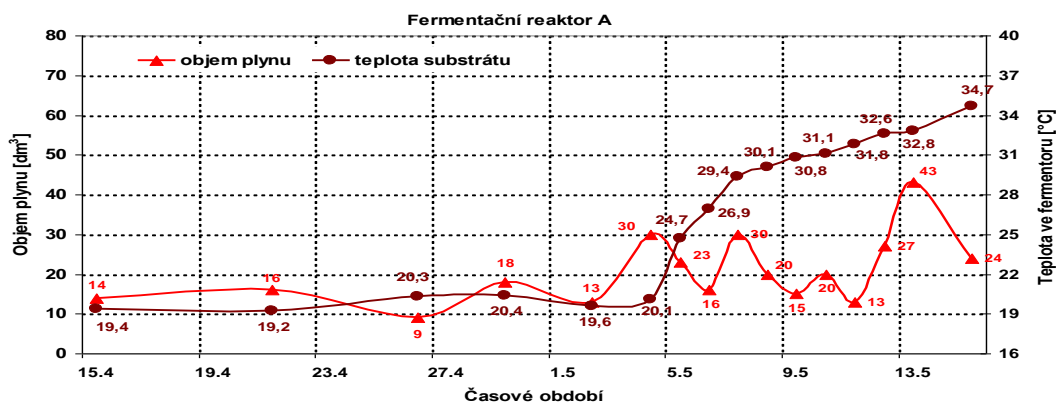
Vzhľadom k podmienkam v priestoroch laboratória spojených s vysokou prašnosťou z dôvodu opravy poruchy elektroinštalácie, nebolo možné spustiť experimentálnu

bioplynovú stanicu pri mezofilných podmienkach. Teploty vo vnútri reaktorov zodpovedali psychrofilným podmienkam (15 až 20 ° C). Dňa 3. 5. 2011 sa začalo vykurovanie oboch fermentačných reaktorov. V

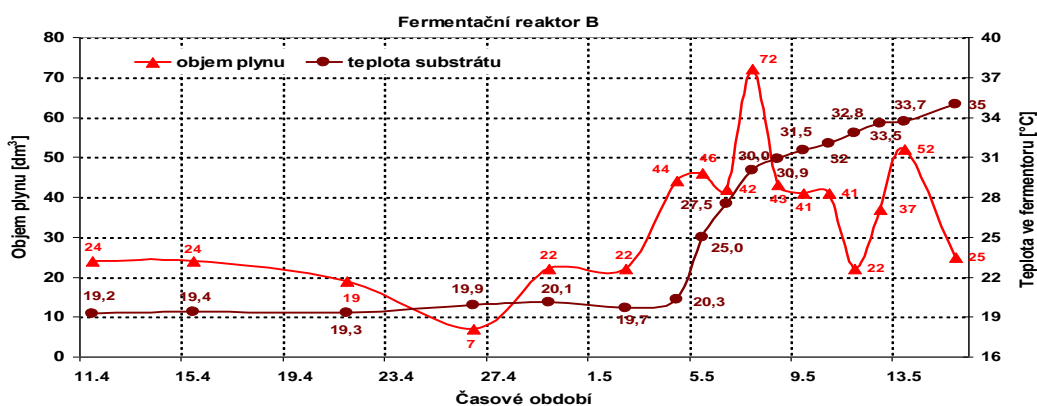
sekundárnom okruhu sa prostredníctvom termostatického ohrievača udržiavala teplota cca 35 ° C. Priebeh teplôt počas fermentácie a výroby v oboch fermentačných reaktoroch je uvedený na obrázku 1, resp. obrázku 2.

Tabuľka 1: Chemický rozbor kukuričnej siláže

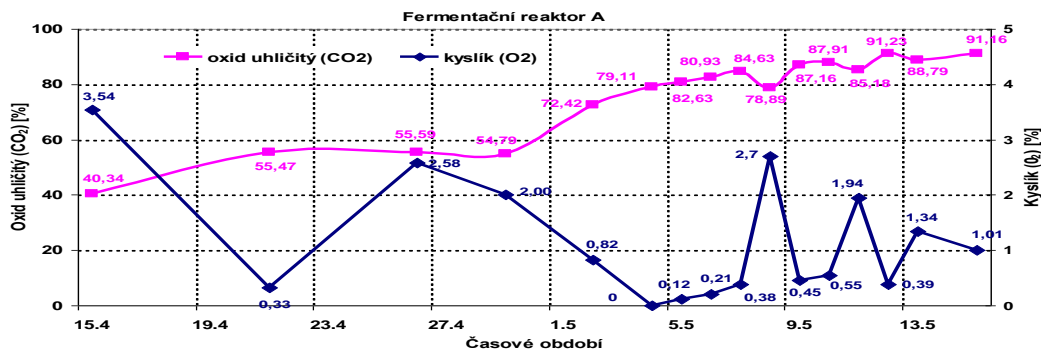
| Pôvodný stav vzorky (s obsahom vody) | | Bezvodý stav vzorky | |
|--------------------------------------|-----------|---------------------|-----------|
| Parameter | Obsah [%] | Parameter | Obsah [%] |
| Celková voda W(r) | 64,4 | Fosfor P(d) | 1,36 |
| Popol A(r) | 1,10 | Popol A(d) | 0,03 |
| Celková síra S(r) | 0,03 | Celková síra S(d) | 0,03 |
| Uhlík C(r) | 17,3 | Uhlík C(d) | 48,5 |
| Vodík H(r) | 2,28 | Vodík H(d) | 6,42 |
| Dusík N(r) | 0,29 | Dusík N(d) | 0,82 |



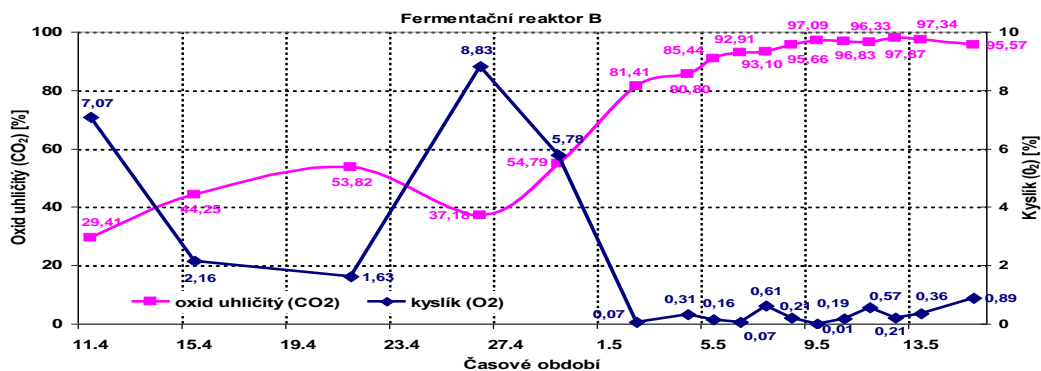
Obrázok 1: Priebeh teplôt počas fermentácie a výroby v reaktore A



Obrázok 2: Priebeh teplôt počas fermentácie a výroby v reaktore B



Obrázok 3: Obsah oxidu uhličitého a kyslíka v reaktore A



Obrázok 4: Obsah oxidu uhličitého a kyslíka v reaktore B

Na obrázku 3, resp. 4 sú uvedené obsahy oxidu uhličitého a obsahu kyslíka. Produkcia metánu bola veľmi nízka a pohybovala sa na úrovni 0,1% u oboch fermentačných reaktorov.

pôsobí na metánové baktérie a spomaľuje tvorbu metánu. V súčasnosti po preočkovaní bol fermentačný proces spustený znova, pri už väčšom obsahu metánu.

7. Záver

Pri spúšťaní fermentačných procesov sa ukázalo, že nedôvera voči suchej fermentácii je pomerne oprávnená. Spustiť fermentačný proces nie je vôbec jednoduchý, rovnako ako jeho udržanie. V našom prípade bol problém, že na začiatku nebolo možné reaktory zahrievať. Keď sa toto vyriešilo, produkcia plynu sa zvyšovala, ale po niekoľkých dňoch mala opäť klesajúcu tendenciu. Baktérie vnútri reaktora sú veľmi citlivé na zmeny teploty a nárast teploty o cca 2 ° C za deň, mohol spôsobiť zastavenie fermentačných procesov. Ukázalo sa, že veľmi dôležitý je aj pretlak vo fermentačných reaktoroch. Vysoký tlak plynu vo vnútri fermentačných reaktorov negatívne

8. Literatúra

- [1] Lábaj, Kapjor, Papučik, Z.: Alternatívne palivá pre energetiku a dopravu, Žilina, Georg, 2010, ISBN 978-80-89401-15-4
- [2] Vitáček, Havelka Z.: Termodynamika spalín z bioplynu. In: Acta technologica agriculturae, roč. 13, 2010, č. 2, s. 36-40.

Tento príspevok vznikol v rámci riešenia projektu VEGA 1/0258/09