



Centrum výskumu spracovania tuhých organických odpadov

Miloš MATÚŠ^{1,}, Peter KRIŽAN¹, Juraj BENIAK¹, Lubomír ŠOOŠ¹, Peter BIATH¹*

¹ *Strojnícka fakulta STU v Bratislave, Ústav výrobných systémov, environmentálnej techniky a manažmentu kvality, Námestie slobody 17, 81231 Bratislava*

* **Email:** milos.matus@stuba.sk

Trend neustále sa zvyšujúceho stupňa efektívneho využitia odpadov vedie k vyšším požiadavkám na výskum v tejto oblasti. Za týmto účelom bola na STU vybudovaná laboratórna linka pre výskum spracovania tuhého organického odpadu, ktorá je podrobne opísaná v tomto príspevku. Príspevok sa zaoberá projektom linky, technickou infraštruktúrou a jej softvérovým riadením. Vzhľadom na výskumný účel linky bol dôraz kladený predovšetkým na jej funkčnosť, variabilitu a modularitu. Komplexnosť vybudovanej linky zdôrazňuje tiež možnosť výroby rôznych druhov a tvarov tuhých biopalív (peliet a brikiet). Budované výskumné centrum zahŕňa tiež laboratórium na komplexnú kontrolu kvality produkovaných tuhých biopalív.

Kľúčové slová: briketovanie, peletovanie, biomasa, organický odpad, technologická linka

1 Úvod

Na základe legislatívnych a environmentálnych tlakov narastajú požiadavky na zvyšujúci sa podiel zhodnotených odpadov, či už materiálovo, alebo energeticky. V súčasnosti vznikajú snahy efektívne zhodnocovať nové, doposiaľ nezhodnocované odpady. Tento trend nastupuje aj v oblasti zhodnocovania tuhých organických odpadov. So snahou praxe o vyššiu úroveň technologicky a ekonomicky efektívneho zhodnocovania odpadov vznikajú požiadavky na výskum. Preto je nevyhnutné, aby výskumné organizácie dokázali pokryť požiadavky praxe a úspešne podporiť zhodnocovanie odpadov. Z požiadaviek praxe a požiadaviek samotného výskumu procesu a technológií úpravy a spracovania tuhého organického odpadu vyplynula potreba vybudovať laboratórnu linku na výskum spracovania tuhých organických odpadov až do formy tuhých biopalív so zaručenými vlastnosťami. Takúto experimentálnu technologickú linku pre potreby výskumu vybuďovalo pracovisko Strojníckej fakulty STU v Bratislave.

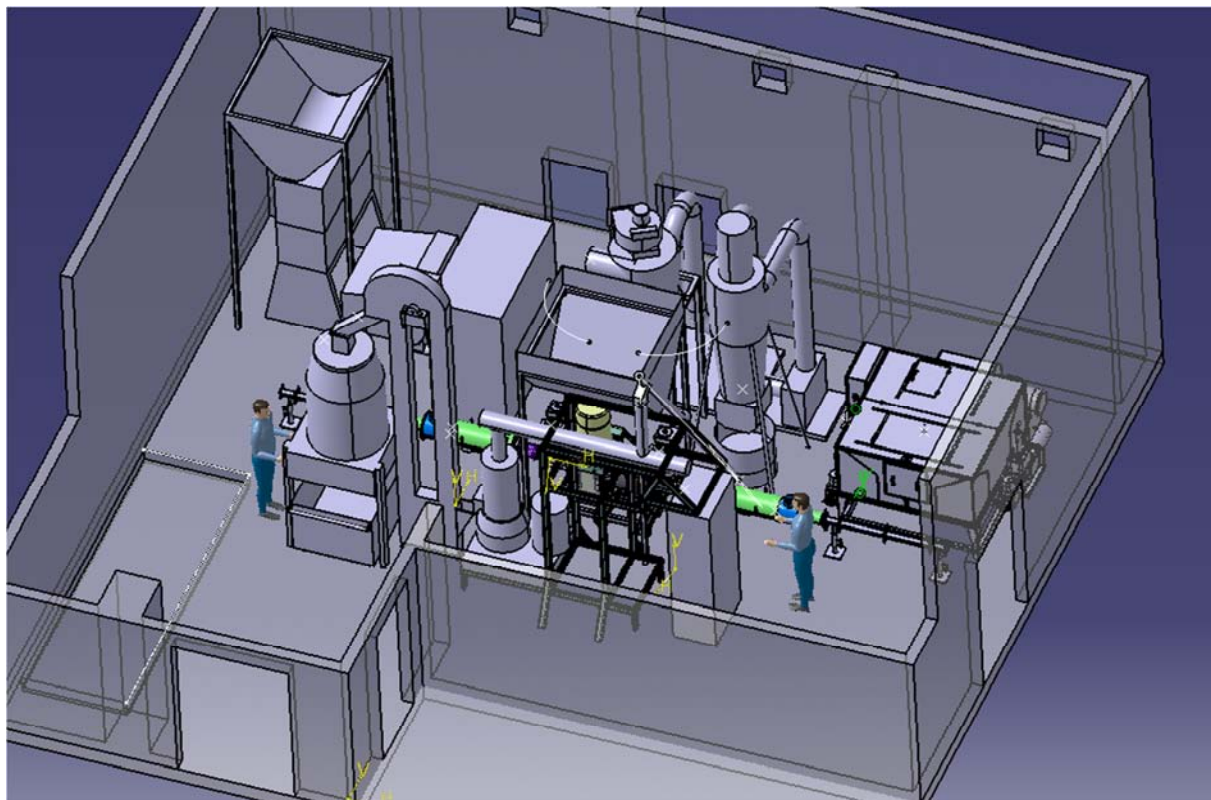
2 Od projektu k realizácii

Pred samotným vypracovaním projektu linky boli špecifikované základné technicko-technologické požiadavky a obmedzenia. Vzhľadom na obmedzené priestorové možnosti bola linka naprojektovaná ako veľmi kompaktný celok, aby sa vtesnala do určených priestorov. Najskôr boli vyšpecifikované všetky technológie pre spracovanie tuhého organického odpadu a následne pre každú skupinu technológií bola podrobne vyšpecifikovaná strojníka infraštruktúra. Pri výbere strojov a zariadení osadených do linky sa vychádzalo z konkrétnych



požiadaviek na experimentálny výskum. Nakoľko nie všetky stroje a zariadenia bežne dostupné na trhu spĺňajú stanovené požiadavky, bolo potrebné pristúpiť buď k úpravám dostupných zariadení pre účely experimentov, alebo dokonca zaradiť do linky vlastné konštrukcie strojov a zariadení navrhnuté a vyrobené podľa stanovených požiadaviek.

Následne boli všetky technologické uzly prepojené vhodnými dopravnými cestami s cieľom maximalizácie variability a modularity linky.



Obr. 1 3D model linky

2.1 Vstupné separačné technológie

Materiál vstupuje do procesu úpravy a spracovania dopravovaný a skladovaný vo veľkokapacitných vakoch, nakoľko dispozičné umiestnenie linky neumožňuje dovoz materiálu voľne loženého na nákladných automobiloch. Keďže sa jedná o laboratórnu linku, nie je predpoklad nepretržitej, viac smenej prevádzky. Pri vstupe materiálu do linky je potrebné ručne odseparovať prípadné nadrozmerné časti odpadu. Následne počas dopravy materiálu do primárneho zásobníka je zabezpečená separácia prípadných feromagnetických kovov obsiahnutých v surovine za účelom eliminácie poškodenia jednotlivých strojov a zariadení a súčasne ako prevencia vzniku požiaru pri prípadnom zaískrení.

2.2 Dezintegračné technológie

Dezintegrácia je jednou z nosných skúmaných technológií rôznych materiálov. Požiadavky kladené na experimentálny výskum v oblasti dezintegrácie materiálov si vyžiadali zaradenia drviaceho systému vlastnej konštrukcie umožňujúceho realizovať rozsiahly



výskum. Drviaci systém je dvojstupňový a pozostáva z dvojrotorového DZ-D a jednorotorového DZ-J stupňa drvenia. Systém bol navrhnutý ako experimentálny, je osadený senzormi a umožňuje skúmať strižné sily pri drvení rôzneho materiálu. Vyznačuje sa tiež vlastným softvérovým riadením a vysokým stupňom modularity vzhľadom na požiadavky výstupnej frakcie. V blízkej budúcnosti bude linka doplnená o kladivový mlyn, ktorý výrazne rozšíri portfólio druhov spracovávanej suroviny.

2.3 Technológia sušenia

Vzhľadom na priestorové možnosti, druh a vlastnosti spracovávaného materiálu a požadovaný výkon bola do laboratórnej linky vybratá rúrová sušiareň s automatickým dávkovaním tuhého paliva. Na pracovisku sa tiež robí výskum mikrovlnného sušenia organického materiálu. Po dosiahnutí požadovaných výsledkov je v linke plánovaná možnosť modulárneho pripojenia mikrovlnnej sušiarne.



Obr. 2 Vstup materiálu do primárneho zásobníka



Obr. 3 Stupeň dezintegrácie

2.4 Technológia zhutňovania - briketovanie a peletovanie

Základnými technológiami linky zaradenými na výstupe, ktoré spracúvajú materiál do finálnej podoby, sú technológie zhutňovania určené na produkciu predovšetkým tuhých biopalív. Do linky boli zaradené dva briketovacie lisy a jeden peletovací. Výkon týchto strojov limituje výkon celej linky.

Peletovací lis A-KAHL 33-390 bol vyšpecifikovaný ako najvhodnejší pre plánovaný rozsah experimentálneho výskumu. Pri spracovaní drevného odpadu ako najobtiažnejšie



spracovateľnej suroviny dosahuje zaručený výkon 250 kg/hod. Vyhotovenie lisu umožňuje regulovať vlhkosť v kondicionéri, riadiť výkon, jednoduchou výmenou matrice je možná zmena veľkosti výliskov na výstupe, resp. je možná zmena druhu lisovaného materiálu. Tento peletovací lis je priemyselne vyrábaný a už výrobcom predurčený na výskum technológie zhutňovania.

Briketovanie je technológia, ktorú možno realizovať niekoľkými konštrukčnými princípmi strojov. V linke je zaradený hydraulický briketovací lis BrikStar 200 od fy Briklis, s.r.o. (ČR) s dosahovaným hodinovým výkonom 200 kg. Hydraulické lisy majú vďaka možnosti regulácie hydraulických obvodov veľmi variabilné riadenie konštrukčných parametrov lisovania. Uvedený lis umožňuje regulovať dĺžku výlisku, veľkosť protitlaku v lisovacej komore použitím zveru klieštiny, reguláciu dávkovania materiálu, ako aj výkon.

V linke je umiestnený aj nedávno inštalovaný dvojkomorový závitkovkový briketovací lis ZBL 2013 ako výstup výskumného projektu s predpokladaným maximálnym výkonom zhutňovania dendromasy až okolo 1 600 kg/hod. Pri vývoji tohto nového patentovo chráneného unikátneho experimentálneho zhutňovacieho zariadenia boli aplikované výsledky výskumu jednotlivých parametrov ovplyvňujúcich proces zhutňovania biomasy. Vyvinutá konštrukcia umožňuje riadenie jednotlivých technologických (lisovacia teplota, lisovací tlak, rýchlosť lisovania, rýchlosť a intenzita ochladzovania výliskov, atď.) a konštrukčných parametrov procesu zhutňovania (rýchlou a jednoduchou výmenou lisovacích nástrojov) tak, aby bolo možné dosiahnuť vysokú kvalitu produkcie pri rôznych vstupných faktoroch. Napriek tomu, že sa zatiaľ jedná o prototyp, navrhnutá konštrukcia umožňuje porovnateľnú produkciu biopalív ako produkčné stroje, čo do výkonu, tak aj do tvaru a veľkosti výliskov. Preto následné experimenty a optimalizácie, ktoré sa budú na tomto stroji realizovať, budú reálne odzrkadľovať technológiu zhutňovania v praxi. Oblasť vývoja je zameraná na princíp závitkovkových lisov z dôvodu dosahovania najvyššej kvality produkcie práve týmto princípom.



Obr. 4 Peletovací lis



Obr. 5 Chladička peliet



Obr. 6 Časť laboratórnej linky

2.5 Po-zhutňovacie technológie

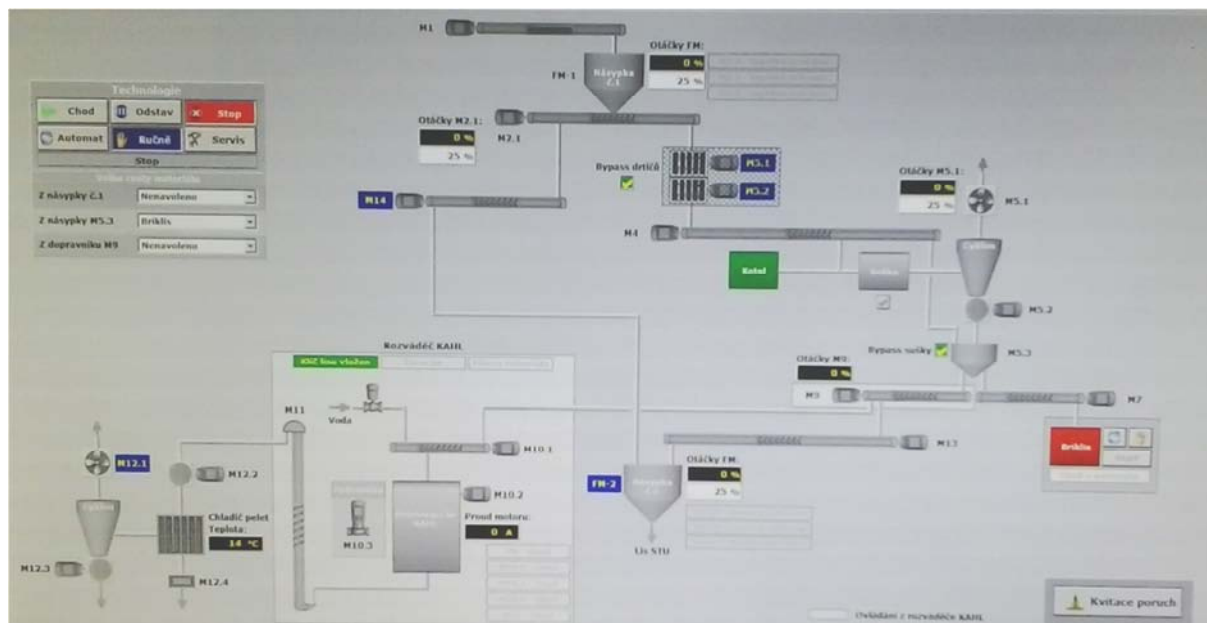
Medzi technológie po zhutňovaní boli do linky zaradené technológie riadeného chladenia výliskov a separačné technológie na odstránenie plynov, pár a odrolu z hotovej produkcie. Ochladzovanie výliskov p peletovaní prebieha flotačne v chladičke peliet prúdením vzduchu, ktorý je odsávaný do cyklónu. Spolu so vzduchom odchádzajú aj prachové častice, plyny a para. Intenzitou prietoku vzduchu je možné regulovať aj intenzitu chladenia peliet. Pri briketovacích strojoch je ochladzovanie výliskov realizované v chladiacich kanáloch, ktoré tvoria predĺženie lisovacích hubíc. Hydraulický briketovací lis pracuje pri nízkej teplote, preto nevznikajú ani plyny a para, a teda nie je potrebné odsávanie z prevádzky. Závitkový lis má chladiace kanále napojené na odsávací systém a podobne ako pri peletovacom lise je zabezpečené odsávanie prachu, plynov a pár. Takto ochladené a očistené výlisky sú finálnym produktom, ktorý môže byť podrobený následným experimentom zameraným na kontrolu kvality.

2.6 Riadenie laboratórnej linky

Komplexné riadenie všetkých procesov, strojov a zariadení, vrátane dopravných ciest je realizované softvérovou prostredníctvom PC umiestneného v odhlučnenom a odprašenom veľíne. Po naplnení primárneho zásobníka nemusí obsluha vstúpiť do priestoru linky. Takmer všetky pohony sú riadené frekvenčne, linka je komplexne osadená senzorovou technikou a



softvér umožňuje po zadefinovaní receptu automatický režim. Softvér linky je odolný aj proti poruchám, s ktorými sa pri výskume musí bezpodmienečne počítať. Samozrejmosťou je režim ručného riadenia jednotlivých strojov a zariadení cez softvér ako aj samostatné manuálne riadenie priamo na jednotlivých strojoch. Práve toto softvérové riadenie dodáva linke profesionálne vyhotovenie a radí ju na najvyššiu svetovú úroveň výskumu v oblasti výskumu spracovania tuhých organických odpadov.



Obr. 7 Softvérové riadenie laboratórnej linky

3 Využitelnosť linky pre vedu a výskum

Spracovatelia tuhých organických odpadov, producenti tuhých ušľachtilých biopalív ako aj niektoré výskumné pracoviská na Slovensku venujúce sa tejto oblasti nedisponujú tak komplexnou infraštruktúrou schopnou realizovať širokú oblasť výskumu, ani personálnymi výskumnými kapacitami na zabezpečenie výskumu a vývoja. Práve tomuto cieľu slúži vybudovaná laboratórna linka, ktorá umožňuje realizovať výskum a vývoj v jednotlivých spracovateľských technológiách tuhého organického odpadu.

Linka slúži a ponúka svoje komplexné služby pre výskum a vývoj v oblasti dezintegrácie rôznych druhov materiálov, pričom je možné skúmať samotný proces dezintegrácie na rôznych typoch strojov a pri rôznych technologických a konštrukčných podmienkach. Dezintegračný stupeň linky je pripravený na výskum v oblasti merania drviacich síl, príkonov na jednotlivé zariadenia, vhodnosti typu použitých zariadení, ako aj optimalizovať technológiu vzhľadom k požiadavkám na výstupnú frakciu.

Technologický stupeň zhutňovania do formy briekiet a peliet zabezpečujú tri základné zhutňovacie stroje - peletovací lis, závitkový briketovací lis a hydraulický briketovací lis. Tieto zariadenia sú navrhnuté a skonštruované tak, aby bolo možné v čo najväčšej miere skúmať vplyv technologických a konštrukčných parametrov pri zhutňovaní materiálu na každom z nich. Linka dokáže v súčasnosti produkovať tri základné tvary výliskov (Obr. 8). Pri výmene a doplnení o nové typy lisovacích nástrojov, je možné tieto základné tvary výliskov rozšíriť.



Obr. 8 Tvary vyrobených biopalív

Peletovací lis A-KAHL 33-390 umožňuje skúmať vplyv zmeny materiálu, vlhkosti a (pri prípadnej zmene lisovacej matrice) aj konštrukčných parametrov na výslednú kvalitu tuhých biopalív. Hydraulický briketovací lis umožňuje realizovať výskum technológie a vplyvu zmeny technologických a konštrukčných parametrov na výslednú kvalitu tuhého biopaliva. Závitovkový briketovací lis je unikátnej konštrukcie, bol vyvinutý na našom pracovisku a je navrhnutý tak, aby bolo možné skúmať čo najširšiu oblasť parametrov vplyvujúcich na celý proces zhutňovania. Umožňuje sledovať vplyv zmeny rýchlosti lisovania zmenou otáčok závitovky, lisovacej teploty integrovaným ohrevom lisovacích komôr, lisovacej sily plynulým riadením a meraním odporu v lisovacej komore a za ňou, vplyv zmeny lisovacej sily plynulým riadením plniacich systémov, umožňuje skúmať a merať lisovaciu silu, krútiaci moment, otáčky, príkon hlavného pohonu ako aj plniacich systémov, lisovaciu teplotu, intenzitu ochladzovania výliskov, veľkosť protitlaku v chladiacom kanáli, ako aj vzájomné pôsobenie všetkých uvedených parametrov. Z pohľadu vplyvu konštrukčných parametrov je možnosť zmeny nástrojov rôznej geometrie a rôznych konštrukčných materiálov, a teda je možné vyrábať aj rôzne tvary brikiet. Tento prototyp dvojkomorového závitovkového lisu bol navrhnutý primárne pre výskum a vývoj.

Pri všetkých typoch zhutňovacích strojov je samozrejmosťou riadenie dávkovania materiálu a riadenie rýchlosti a intenzity ochladzovania výliskov. Vybudované softvérovo riadené dopravné systémy umožňujú maximálnu variabilitu prepojenia jednotlivých technológií a procesov.

Za zmienku stojí tiež vysoká modularita laboratórnej linky, kedy je možné pripájať a dopĺňať ďalšie stroje a zariadenia pre rôzne technológie, prípadne rozširovať existujúce strojové vybavenie o iné typy strojov.

Získané výskumné výsledky slúžia pre výskum a vývoj nových strojov a zariadení pre spracovateľské technológie ako aj pri výskume nových druhov palív. Na základe získaných výsledkov je možné vyvíjať nové technológie, nové princípy strojov a optimalizovať ich z



rôznych hľadísk (kvality produkcie, prevádzkových nákladov, energetická optimalizácia, materiálová optimalizácia, atď.).

Komplexnosť laboratória pre spracovanie a zhodnocovanie tuhého organického odpadu

Cieľom je vytvoriť komplexné výskumné centrum pre technológie spracovania tuhých organických odpadov do formy tuhých biopalív. Základom je vybudovaná technologická linka na výskum technologických a konštrukčných parametrov jednotlivých technológií úpravy a spracovania odpadov a v súčasnosti prebieha budovanie laboratória pre hodnotenie kvality tuhých biopalív v zmysle príslušných platných európskych noriem. Dobudovaním tohto centra (jediného svojho druhu v SR) bude možné požiadať o akreditáciu laboratória na testovanie tuhých biopalív v zmysle platného súboru noriem pre tuhé biopalivá stanovených Európskou komisiou pre normalizáciu TC335 (CEN).

4 Záver

Vybudovaná laboratórna linka svojím výskumným zameraním, prispôsobenou infraštruktúrou, variabilitou a modularitou plne zastrešuje základné výskumné požiadavky v tejto oblasti. Dobudovaním komplexného výskumného centra pre technológie spracovania tuhých organických odpadov do formy tuhých biopalív bude možné výraznou mierou prispieť k rozvoju tohto segmentu na Slovensku. Centrum bude vytvárať výskumnú základňu, o ktorú sa môžu oprieť spracovatelia odpadov, producenti tuhých biopalív ako aj ďalšie výskumné inštitúcie pracujúce v tejto oblasti. Vzhľadom na ucelenosť výskumných a experimentálnych činností je predpoklad uplatnenia centra aj v zahraničnom meradle.

Pod'akovanie

Tento príspevok vznikol na základe výsledkov výskumu realizovaného projektu č. APVV-0857-12 s názvom "Výskum trvanlivosti nástrojov progresívnej konštrukcie zhutňovacieho stroja a vývoj adaptívneho riadenia procesu zhutňovania" finančne podporeného Agentúrou na podporu výskumu a vývoja.