

OPTIMALIZÁCIA GEOMETRIE LISOVACÍCH NÁSTROJOV PRE ZHUTŇOVANIE RÔZNYCH DRUHOV BIOMASY.

Peter Biath, Juraj Ondruška, Lubomír Šooš

Strojnícka fakulta STU Bratislava, Ústav výrobných systémov, environmentálnej techniky a manažmentu kvality,
Námestie Slobody 17, 812 31 Bratislava 1
email: peter.biath@stuba.sk

Článok sa zaberá problematikou optimalizácie nástrojov pre peletovací lis PLG 2010. Optimalizácia nástrojov musí byť prevedená s ohľadom na funkčnosť stroja čiže tak aby optimalizované nástroje zabezpečili kontinuálne vŕahovanie materiálu do lisovacieho priestoru, aby bol zabezpečený prenos krútiaceho momentu z lisovníka na maticu a tiež aby vytvorili vhodné lisovacie podmienky počas lisovania. Základným problémom tejto optimalizácii bude nájsť vhodný tvar pre lisovacie nástroje so zreteľom na lisovaný materiál.

Klíčová slova: peletovací lis, lisovací nástroj, optimalizácia

GULOVÝ PELETIZÉR

Guľový peletovací lis PLG 2010 je lis novej progresívnej konštrukcie pre peletovanie biomasy, ktorý bol navrhnutý v rámci vedecko-výskumnej činnosti ÚSETM SJF STU. Prvá myšlienka s novým princípom lisu vznikla už v roku 2005. Bola založená na vedeckom fakte, že maximálny tlak „bodový“ kontakt vzniká pri styku gule s plochou. Tým je možné dosiahnuť vysoký lisovací tlak pri relatívne nízkej okamžitej lisovacej sile vyvolanej zhutňovacím mechanizmom. Takýto spôsob lisovania vedie k menej masívnym konštrukciám strojov nižšieho príkonu ako v súčasnosti vyrábané stroje využívajúce „priamkový“ kontakt, ktorý vzniká v dotyku valca s rovnou plochou.

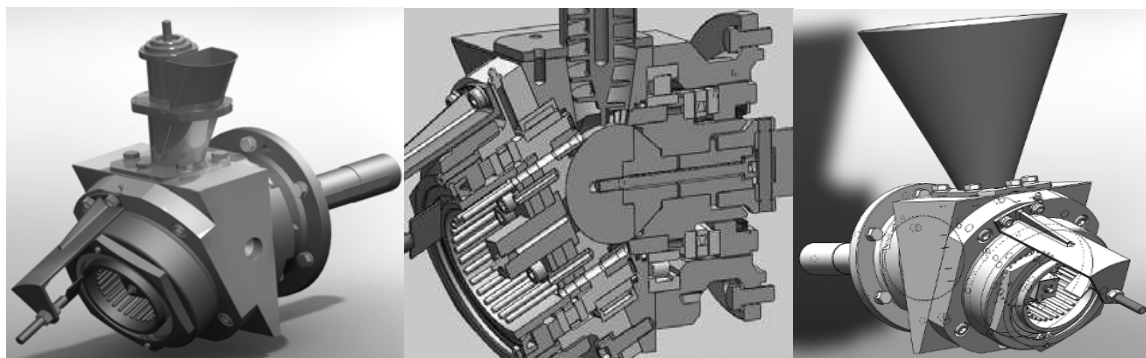


Obr. 1 Guľový peletizér PLG 2010.

Guľový peletizér bol počas svojej existencie navrhnutý v štyroch variantoch, avšak vyrobené boli iba tri z toho iba dva sú majetkom nášho ústavu. V roku 2002 bola vyrobená prvá verzia stroja, ktorá bola súčasťou diplomovej práce obhájenej na našom ústave, a poslúžila na overenie navrhovaného princípu lisovania. Druhá verzia stroja predstavovala väčšiu verziu prvého stroja s menšími inováciami. Prototyp bol v roku 2009 vyrobený, avšak nikdy nebol uvedený do prevádzky kvôli nedoriešeným konštrukčným problémom. Tento stroj momentálne nieje majetkom nášho ústavu. Tretia verzia predstavovala vysoko výkonnú koncepciu peletovacieho lisu bola riešená v rokoch 2006-2007. Táto verzia však nikdy nebola dokončená. Najnovšou verziou guľového peletovacieho lisu je PLG 2010, ktorý je najprepracovanejšou modulárnou verziou so značnými konštrukčnými zmenami. Peletizér počas svojho vývoja prešiel rôznymi obmenami konštrukcie avšak princíp lisovania ostal nezmenený. Momentálne sú oba prototypy umiestnené v priestoroch ťažkých laboratórií strojníckej fakulty. Najnovší variant guľového peletovacieho lisu PLG 2010 je podrobovaný prototypovým skúškam a prvý variant stroja, čaká na generálnu opravu.

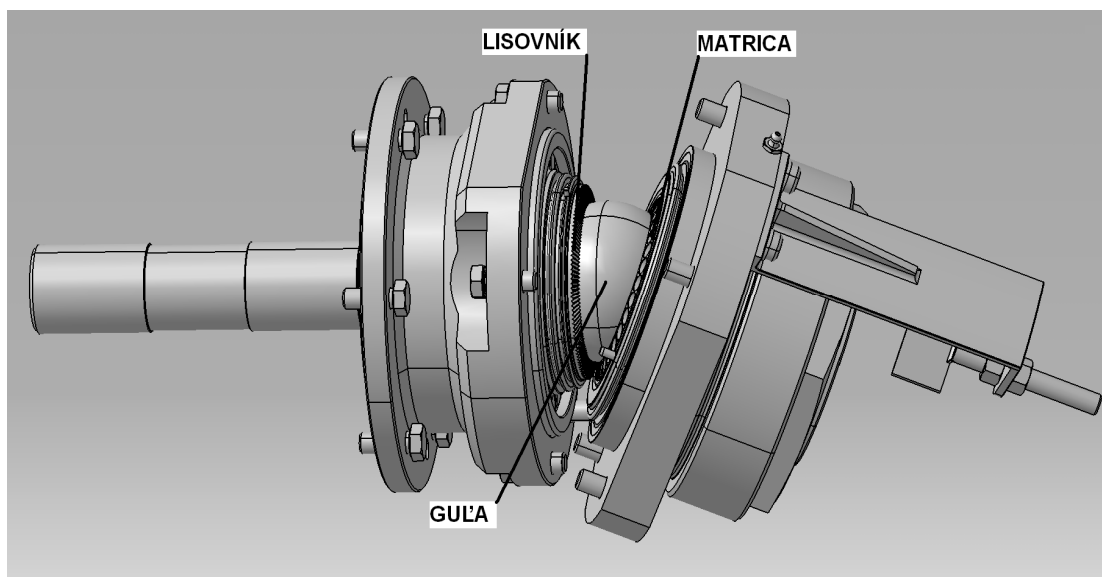
PRINCÍP LISOVANIA

Princíp lisovania guľového peletovacieho lisu (obr.4) je založený na vťahovaní a lisovaní materiálu medzi dvoma axiálne vyosenými kotúčmi pričom jeden kotúč je lisovník a druhý matrica. Hlavným cieľom jednej série výskumných aktivít na tomto stroji je optimalizovať tvarovo a rozmerovo vložku matrice s lisovacími otvormi a vložku lisovníka tak, aby medzi nimi vznikol kontaktný priestor, ktorý bude vytvárať vhodné podmienky pre lisovanie biomasy a funkčnosť mechanizmu.



Obr. 2 Guľový peletizér bez kardanovej spojky.

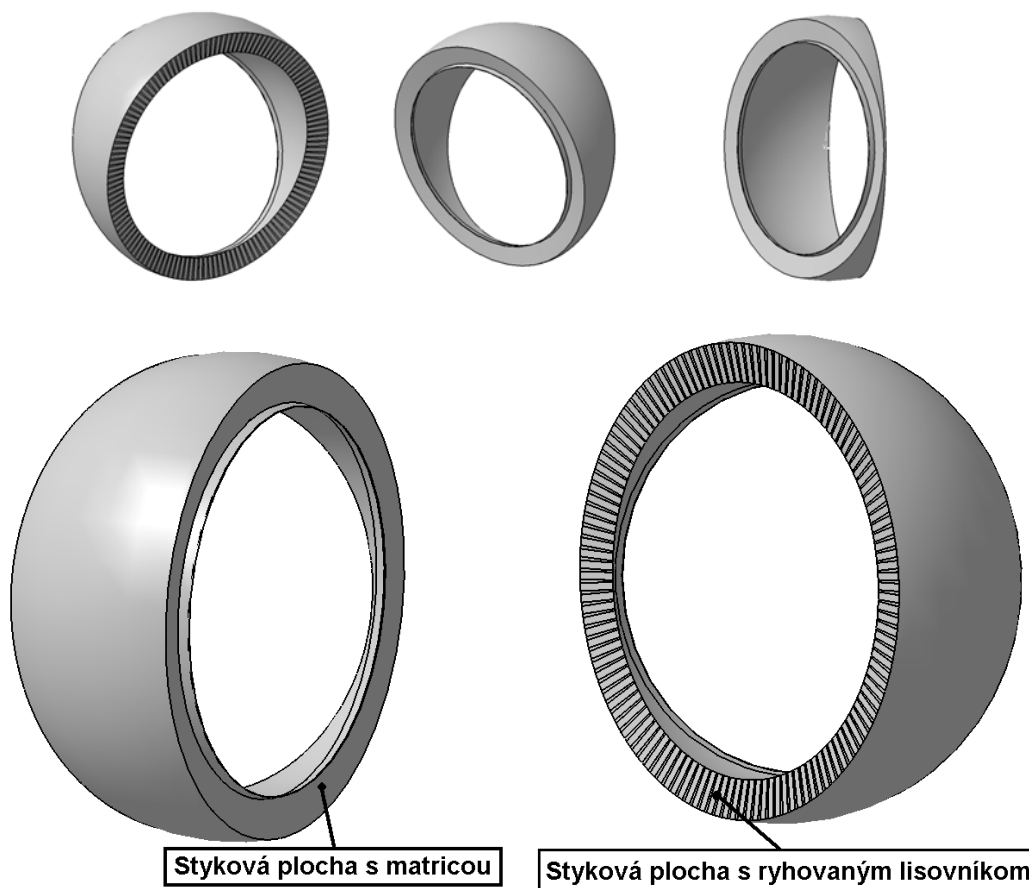
Lisovacia matrica a lisovník sú rotačné súčiastky, ktoré sú voči sebe natočené o klinový uhol a spolu s telom lisu a guľou tvoria lisovací priestor. Lisovník je hnaný cez prevodovku elektromotorom a z neho sa potom krútiaci moment prenáša na matricu tvarovým stykom alebo trením, podľa typu sady nástrojov. Guľa polohovaná v priesečníku osí rotačných nástrojov je taktiež unášaná a spolu s matricou a lisovníkom ohraničuje rotačnú časť lisovacieho priestoru. Vonkajšiu hraničnú (statickú) plochu lisovacieho priestoru tvorí telo zariadenia. Lisovací medzipriestor zabezpečuje aj funkciu synchronizovaného unášania členov mechanizmu. Geometriu lisovacieho priestoru môžeme meniť výmenou nástrojov a tak ľahko meniť pracovné zhutňovacie podmienky. Lis PLG 2010 a jeho jednotlivé súčasti boli pre tento účel navrhnuté modulárne, čo nám teraz umožňuje zámenu častí systému a experimentovanie s tvarom a rozmermi nástrojov.



Obr. 3 Pohľad na konštrukciu peletizéra bez tela s terajšou matricou a lisovníkom.

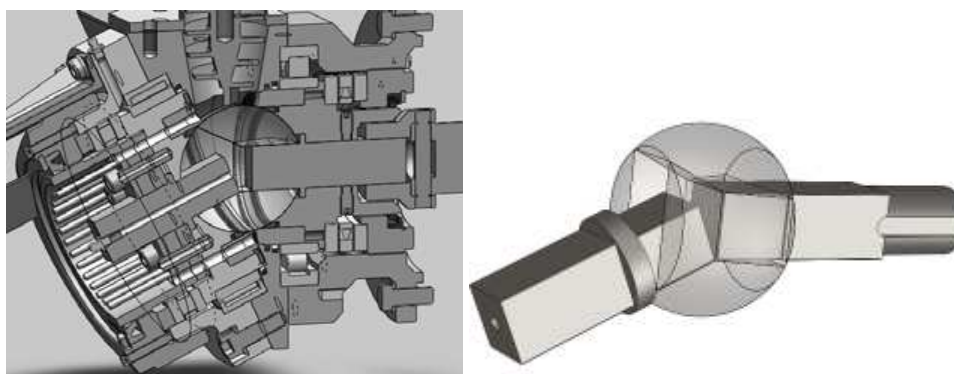
Vložka matrice a vložka lisovníka majú dôležitú úlohu v procese strhávania, presunu a komprimovania lisovaného materiálu. Materiál je strhávaný do pracovného priestoru a následné zatláčaný do lisovacej komory matrice. Nástroje a guľa voči telu vytvárajú pohyblivý priestor s relatívne pohyblivými stenami (Obr.5), ktorý zabezpečuje

kontinuálne strhávanie materiálu. Uhol kužeľovej časti je konštrukčne fixne definovaný a bol stanovený so zreteľom na schopnosť mechanizmu materiál strhávať unášať a lisovať. Pri lisovaní systémom unášania bez tvarovej väzby sa musí tiež zabezpečiť dostatočné trenie medzi nástrojmi, ktoré závisí od lisovaného materiálu, jeho vlastností a vo veľkej miere aj od tvaru lisovacích nástrojov a veľkosti minimálnej vzdialenosti medzi nimi. Preto bude naším cieľom nájsť vhodný tvar nástrojov, ktorý bude veľmi ovplyvňovať proces zhuťňovania a strhávania spracovávaného materiálu do pracovného priestoru.



Obr. 4 Tvar pracovného priestoru peletizéra.

Pre dosiahnutie synchronizovaného odvaľovania lisovacieho priestoru sa považovalo vhodné využiť princíp kardanovej spojky. Konceptcia stroja pozostávala z dvoch axiálne vyosených kotúčov s rôznobežnými osami otáčania medzi ktorými bola umiestnená guľa. Lisovací priestor z vonkajšej strany ohraničuje telo lisu.



Obr. 5 Rez peletizérom, kardanová spojka.

Neskôr sa ako alternatíva pre kardanovú spojku, ktorá nebola vhodná pre kolísanie rýchlosti medzi hnacím a hnaným hriadeľom, navrhol princíp vzájomného unášania matrice a lisovníka pomocou trecej väzby, ktorá vzniká medzi nástrojmi pri lisovaní, eventuálne pomocou tvarovej väzby nástrojov.

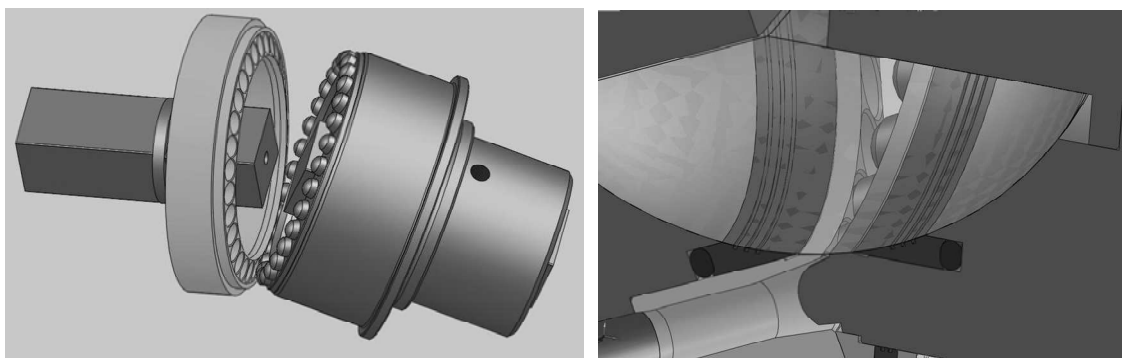
OPTIMALIZÁCIA LISOVACÍCH NÁSTROJOV PRE PLG 2010

Keďže PLG 2010 bol vyhotovený vo verzii bez kardanovej spojky, budeme pri návrhu a optimalizácii nástrojov uvažovať s týmto faktom. Pri optimalizácii tvaru musíme brať do úvahy požiadavky na nástroje pre lisovanie v guľovom peletovacom lise. Ako prvé budú analyzované vhodné tvary lisovacích nástrojov pre vytvorenie trecej alebo tvarovej väzby medzi nimi. Budú navrhnuté nové konštrukčné tvary nástrojov a k nim vytvorená dielenská výkresová dokumentácia. V ďalšej časti projektu sa nástroje dajú vyrobiť. Tiež bude navrhnutý materiál pre ich výrobu.

Lisovacie nástroje musia spĺňať tieto základné podmienky:

- zabezpečenie kontinuálneho vťahovania a presunu biomasy do lisovacieho priestoru
- zabezpečenie prenosu krútiaceho momentu medzi nástrojmi, čo závisí od ich tvaru a tiež od lisovaného materiálu
- vhodné zatláčanie a komprimovanie materiálu do lisovacej komory matrice

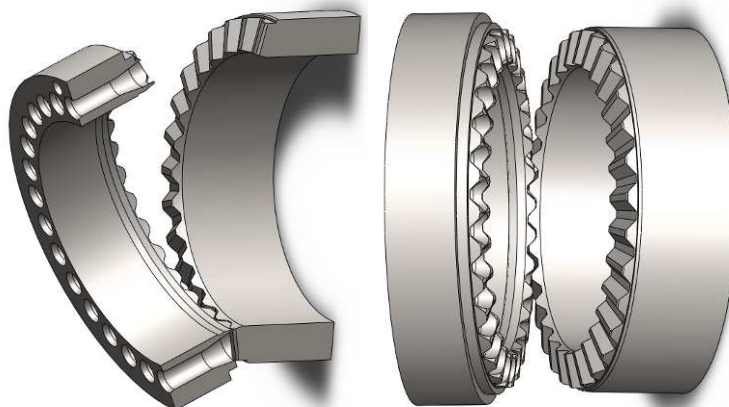
Pri prvých pokusoch na PLG 2010 sme zistili, že nie každý materiál vytváral dostatočnú treciu väzbu medzi nástrojmi. To nás utvrdilo v tom, že je potrebné vyrobiť rôzne druhy nástrojov. V prvej fáze výskumu sme začali analyzovať proces vťahovania materiálu a vytvárania väzby. Pri doterajších úvahách o vhodnom tvare sme dospeli k názoru, že sústava lisovník, matrica a lisovaný materiál by pri zahľtenom lisovacom priestore počas vysokého prevádzkového tlaku mali zaistiť dobré vťahovanie, čiastočne tvarovú väzbu a tiež adekvátne zatláčanie materiálu do komory. Pôvodný lisovník má po obvode iba ryhovanie (krútiaci moment sa neprenáša pomocou tvarovej väzby) pre zvýšenie trenia. Takéto vyhotovenie nezabezpečilo vhodné pracovné podmienky pre všetky druhy biomasy. Jednou z možností sústavy s čiastočne tvarovou väzbu v sústave matrica - zlisovaný materiál – lisovník bude varianta kde lisovník je vybavený po svojom obvode výstupkami (Obr.6). Pri zrealizovaní tejto myšlienky by sme dosiahli dobrý prenos M_k a tiež potrebné zatláčanie materiálu do lisovacej komory. Spoluzaberajúci nástroj matrica pre toto vyhotovenie bude pôvodná. Matrica je najviac namáhanou časťou lisu preto je dôležité posúdiť vzájomné pôsobenie jednotlivých členov z hľadiska tvaru a možných kontaktov. Plánujeme spracovať sériu MKP analýz pre posúdenie vhodnosti vyhotovení. Lisovník z výstupkami budeme konštrukčne riešiť tak, že pôvodný monolitný nástroj lisovníka sa vhodne rozdelí na niekoľko modulov (segmentov). Na telo nástroja lisovníka sa potom budú vhodne upevňovať segmenty rôznych tvarov a rozmerov. Segmenty pre jeden lisovník budú podľa vyhotovenia 2 až 3 alebo väčší počet, z konštrukčných dôvodov. Lisovací priestor sa tak bude dať modifikovať bez demontáže pohonnej časti zariadenia.



Obr. 6 Koncepcia lisovania nástrojom s výstupkami.

Pri ďalšom variante sústavy nástrojov budeme uvažovať s tvarovou väzbu, ktorú zabezpečíme ozubením v kontaktnej lisovacej ploche. Ozubenie bude zaberáť v mieste vstupu materiálu do komory, pričom zabezpečí aj jeho vtláčanie do lisovacej komory. Takáto sada nástrojov by mala zabezpečiť ideálne pracovné podmienky a

vťahovanie materiálu. Výhoda tohto variantu je, že nebude vznikať sklz pri lisovaní, Mk sa prenáša cez ozubenie a nie pomocou trenia. Čiastkovým cieľom je aj určenie reálneho opotrebenia takejto sústavy s cieľom posúdenia rentability takéhoto relatívne finančne náročnejšieho nástrojového vybavenia. Predpokladom je, že takéto nástroje budú tvarovo vhodnejšie napríklad pre menej abrazívne a výraznejšie plastické materiály.



Obr. 7 Konceptia návrhu tvarovej väzby ozubením.

Aj napriek výhodám tvarovej väzby s ozubením, alebo čiastočne tvarovej väzby, stále je aktuálna myšlienka optimalizácie základnej lisovacej sústavy s hladkým lisovníkom a matricou. Pri vyhotovení modulárnej varianty nástroja lisovníka bude možné rozšíriť experimenty aj v tomto smere a lepšie otestovať toto základné vyhotovenie. Bude možné priestor modifikovať vymeniteľnými segmentami. V súčasnom vyhotovení je totiž problém s variabilným definovaním vzdialenosti medzi nástrojmi. Vzdialenosť je v súčasnosti fixná, predpokladáme, že tento parameter výrazne vplýva na celý proces lisovania a hlavne na adhéziu zabezpečujúcu unášania sústavy v režime bez tvarovej väzby. Ak by sa takéto nástroje pri skúškach osvedčili pre určité materiály, boli by cenovo výhodnejšie ako drahšie tvarové nástroje. Užitočné informácie pre optimalizáciu tvaru a rozmerov matrice a lisovníka môžeme získať aj zo skúšok na prvom variante stroja. Na tomto stroji boli vykonané skúšky s rôznymi materiálmi a bol používaný dlhšiu dobu. S tribologického pohľadu vieme posúdiť, ktoré časti konštrukcie a nástrojov sú výraznejšie opotrebované a stanoviť konštrukčné kroky pre zvýšenie ich životnosti, a samotnej vhodnosti vyhotovenia konštrukcie s kardanom. Z hľadiska modularity je možné PLG 2010 pozmeniť na kardanovú verziu (Obr. 5). Potrebne moduly sú v súčasnosti len vo forme výkresovej dokumentácie pretože vzhľadom na finančné možnosti neboli ešte vyrobené.

BUDÚCNOSŤ STROJA

S súčasnosti máme k dispozícii hladkú matricu a ryhovaný lisovník, na ktorých boli v marci tohto roku vykonávané prvotné skúšky. Pri týchto krátkych skúškach však bola matrica poškodená, a stroj sa týmto stal nefunkčný. Momentálne však máme k dispozícii novú matricu, s ktorou by sme chceli pokračovať v experimentoch s rôznymi druhmi biomasy ako sú seno, drevný odpad alebo napríklad káva. V budúcnosti sa plánujeme venovať experimentom aj s tvarovými nástrojmi spomenutými v článku a tiež s hladkým lisovníkom. Ak sa v ďalšom procese vývoja podarí zariadenie optimalizovať na podobu prototypu vhodného pre sériovú výrobu bude zastávať jedinečné miesto na trhu peletizérov hlavne pre jeho špecifické vlastnosti vyplývajúce z unikátnej konštrukcie a samotného vysoko špecifického princípu lisovania.

POĎAKOVANIE

Tento príspevok bol vytvorený realizáciou projektu „Vývoj progresívnej technológie zhutňovania biomasy a výroba prototypov a vysokoproduktívnych nástrojov“ (ITMS kód Projektu: 26240220017), na základe podpory operačného programu Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] ONDRUŠKA, J.; KRIŽAN, P.; MATÚŠ, M. (2011): Vývoj prototypu nízko-energetického peletovacieho lisu PLG 2010. Zborník prednášok: ERIN 2011, Tatranská Kotlina, 602 s.
- [2] GRMAN, M. (2002) Diplomová práca – Progresívna konštrukcia zhutňovacieho stroja. Sjf STU v Bratislave. 56 s.