

PELETOVACÍ LIS PROGRESÍVNEJ KONŠTRUKCIE – PLG 2010**Juraj Ondruška, Ľubomír Šooš, Peter Križan, Miloš Matúš**

Príspevok popisuje aktuálny stav v oblasti vývoja peletovacieho lisu založeného na princípe patentovanej koncepcie konštrukcie lisu s axiálno–rotačnými valcami, ktorého vývoju sa náš ústav dlhodobo venuje. V poslednom období bola spracovaná inovovaná koncepcia stroja novej generácie, ktorá je v súčasnosti pred prototypovými skúškami.

Kľúčové slová: biomasa, zhutňovanie, guľový peletizér, nízkoenergetický stroj, modulárna koncepcia peletovacieho stroja.

ÚVOD

Vývoju strojov pre zhutňovanie biomasy a zhodnocovanie ďalších odpadov sa náš ústav venuje už od roku 1995. Výroba peliet sa považuje z hľadiska vstupných energetických nárokov za jeden z najnáročnejších spôsobov zhutňovania biomasy. Na druhej strane sú pelety veľmi vhodným ekologickým palivom aj z hľadiska dopravy, skladovania a automatizovaného spaľovania. Na základe týchto faktorov vznikla potreba vyvinúť novú nízkoenergetickú koncepciu peletovacieho lisu. Prvá myšlienka s novým princípom lisu vznikla už v roku 2005 [1]. 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 ku menej masívnym konštrukciám strojov nižšieho príkonu ako v súčasnosti vyrábané stroje využívajúce „priamkový“ kontakt, ktorý vzniká dotyku valca s rovnou plochou. Tento princíp je od nepamäti využívaný napríklad pri drvení ručným mažiarom (Obr. 1). Už naši predkovia vedeli ako vyvinúť potrebný tlak pri čo najmenšej námahe.

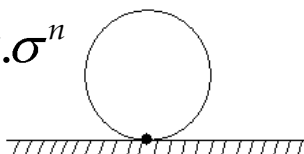


Obr. 1 Starodávny ručný mažiar

STRUČNÝ PRIEREZ VÝVOJA V DANEJ OBLASTI PROBLEMATIKY

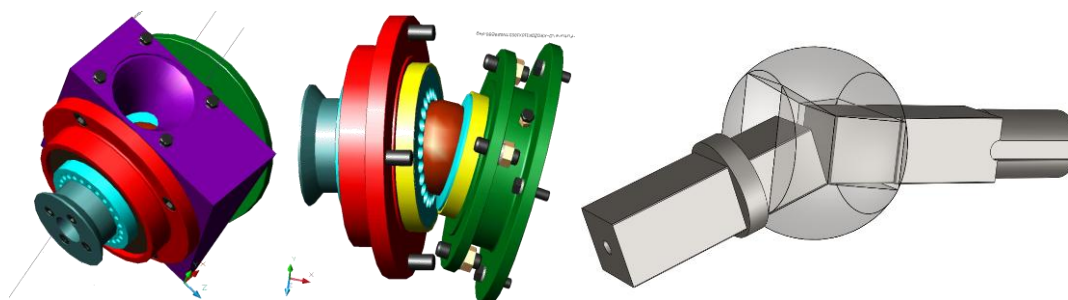
Tento fyzikálny jav je tiež využívaný pri aplikácií guľkových ložísk, ktoré majú nižšie valivé odpory, ako ložiská s iným ako bodovým stykom, čoho dôsledkom môže byť zvýšenie energetickej účinnosti mechanizmu. Vhodný tvar je teda guľový nástroj a rovinná matrica. Pri takýchto tvaroch plôch nastáva v ideálnom prípade dotyk v bode (Obr. 2). Tým dosiahneme vysoko efektívne pôsobenie sily pre dosiahnutie požadovaného tlaku, čiže aj menšie požiadavky na príkon zariadenia.

$$F_{\sigma} = k \cdot \sigma^n$$



Obr. 2 Vľavo pôsobenie gule na rovinu, v pravo kardanová spojka

Pre dosiahnutie synchronizovaného odvalovania lisovacieho priestoru sa považovalo za vhodné využiť princíp kardanovej spojky (Obr. 2). Návrhová koncepcia stroja pozostávala z dvoch axiálno-rotačných valcov s rôznobežnými osami otáčania, medzi ktorými bola umiestnená guľa. Vzájomným pohybom vytvárajú tieto tri členy lisovací priestor, v ktorom je materiál strhávaný a komprimovaný na princípe kontinuálnej zmeny geometrie lisovacieho priestoru, čiže aj jeho objemu (Obr. 3).



Obr. 3 Prvotná koncepcia princípu lisovania

V roku 2002 bola na našom ústave obhájená diplomová práca [2], ktorej súčasťou bol aj prvý funkčný model zariadenia (Obr. 4). Tento stroj poslúžil na overenie navrhovaného princípu. Zariadenie má priemer gule 71,6mm, motor 1kW, hodinový výkon 40 až 50 kg/h, počet otvorov v matici 21 x Ø7mm a patrí do skupiny malých peletovacích lisov. Výroba častí peletovacieho lisu je technologicky a finančne primerane náročná, čoho dôsledkom môže byť cenovo dostupná konštrukcia peletovacieho lisu s vysokým stupňom finančného zhodnotenia odpadovej biomasy. Správnosť navrhutej konštrukcie bola overená skúškami funkčných a technických parametrov, ako je - overenie vŕahovania suroviny do lisovacieho priestoru, overenie schopnosti peletovania, overenie výkonu lisovania a overenia kvality výliskov. V rámci skúšok boli lisované materiály ako drevný odpad, odpad z MDF, slama, čečina, rašelina, čierna luhy, odpad z ČOV – kalov, repka olejná, humus z Kalifornských dažďoviek (Enzymmix), otrava na potkany, odpad z kaka, kremelina. Princíp bol v roku 2006 patentovaný autormi práce [3] a následne bol vytvorený základ pre modifikovanie konštrukcie a výrobu prototypu peletovacieho lisu.

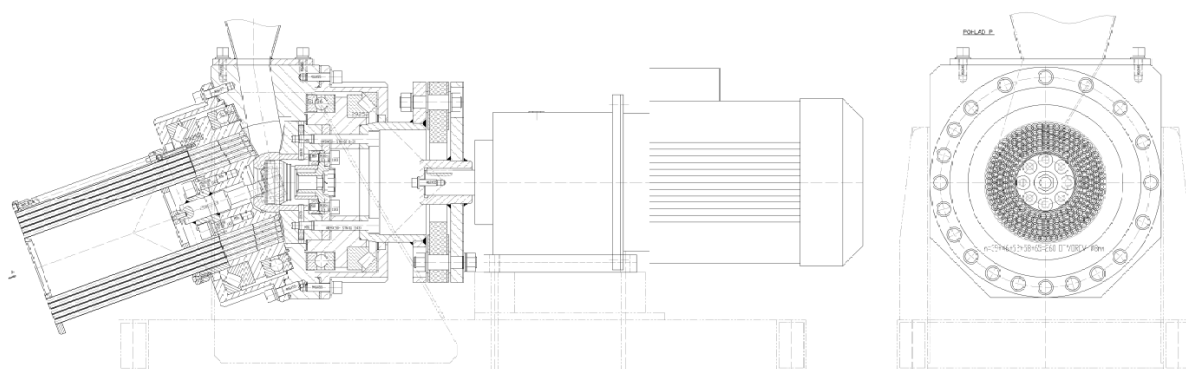


Obr. 4 Prvý funkčný model peletovacieho lisu (variant - V1)

V nasledovných rokoch sa vývoj uberal dvomi cestami. Od roku 2006 do 2007 bola riešená koncepcia vysoko výkonného variantu stroja [4]. Navrhovaný prototyp bol s priemerom gule Ø 122mm, 260 x Ø 8mm otvorov základnej matrice s predpokladaným výkonom 250-300 kg/h a príkonom motora 18,5 kW. Vývoju tohto prototypu sa venoval kolektív pod vedením Ing. Ivana Kopeckého. Žiaľ, s predčasnou smrťou vedúceho kolektívu sa zastavili aj práce na výrobe prototypu.

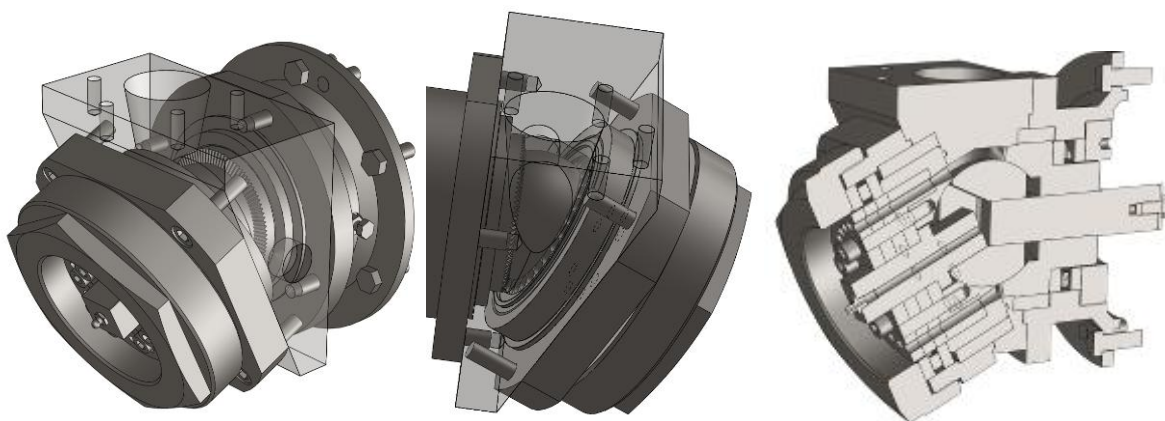
Druhú konštrukčnú líniu predstavoval stroj navrhnutý Ing. Grmanom, ktorý bol aj spoluautorom prvého vyrobeného stroja. Konštrukčne predstavoval väčšiu verziu variantu V1 s drobnými konštrukčnými inováciami. Jednalo sa o stroj s priemerom gule Ø 90 mm s počtom otvorov v základnej matrici 30 x Ø 7,5 mm, príkonom motora 4 kW a predpokladaným množstvom spracovanej biomasy 80-100kg/h.

V roku 2009 bol vyrobený prototyp tohto stroja. Nanešťastie, vzhľadom na len čiastočne ozrejmene konštrukčné problémy sa ho nepodarilo nikdy sprevádzkovať.



Obr. 5 Vysoko vykoná koncepcia guľového peletizéra (variant -V3)

V súčasnosti stroj nie je majetkom nášho ústavu, a preto nebolo možné spraviť potrebné konštrukčné analýzy pre úplné odhalenie príčin. Konštrukcia bola podrobená len čiastočnej virtuálnej analýze, ktorej výsledkom bolo niekoľko závažných poznatkov potrebných pre výrobu nového funkčného prototypu.



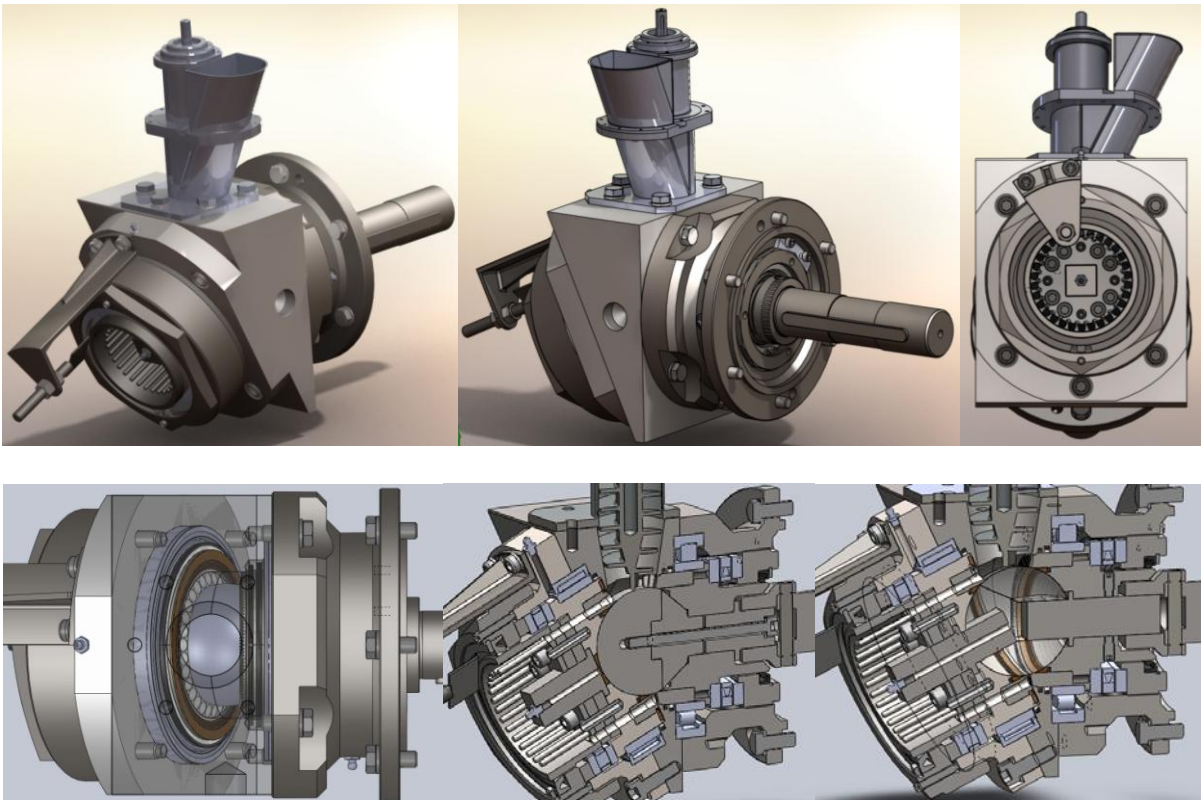
Obr. 6: Guľový peletizér strednej triedy (variant - V2)

VÝVOJ MODULÁRNEJ KONŠTRUKCIE PELETOVACIEHO STROJA PLG 2010

Od roku 2010 sa zahájil vývoj nového prototypu stroja. Projekt komplexnej analýzy a vývoja nového prototypu bol zadaný Ing. Jurajovi Ondruškovi PhD., ktorý bol v tom čase novým zamestnancom ústavu. Kolektív konštruktérov pod jeho vedením po štyroch mesiacoch vývojovej práce odovzdal kompletnú výkresovú dokumentáciu modulárnej štruktúry stroja (Obr. 7) do výroby. V krátkom období ma dôjsť k odovzdaniu stroja a k prvým prototypovým skúškam. Predpokladáme, že získané informácie budú veľkým prínosom pre ďalšiu optimalizáciu stroja a prípravu sériovej výroby zo zreteľom na minimalizáciu výrobných nákladov pri zachovaní pôvodných parametrov stroja.

V prvej fáze projektu bola konštrukcia predchádzajúcich variant stroja podrobená detailnej analýze. Boli prehodnotené všetky získané skúsenosti. Konštrukcia funkčného verifikačného modelu bola skúmaná aj z hľadiska tribológie a mechanického poškodenia jednotlivých častí konštrukcie (Obr. 8).

Z dôvodu väčších zásahov do konštrukcie predchádzajúcich verzií peletizéra je vhodné ozrejniť realizované konštrukčné zmeny a odôvodniť ich dôležitosť. Počas vývoja finálnej varianty boli zvažované rôzne spôsoby prevedenia konštrukcie, ako napríklad použitie kuželíkových, toroidných a súdkových ložísk alebo použitie lisovníka s výstupkami atď..



Obr. 7 Inovovaný guľový peletovací stroj novej generácie (súčasný variant - V4)

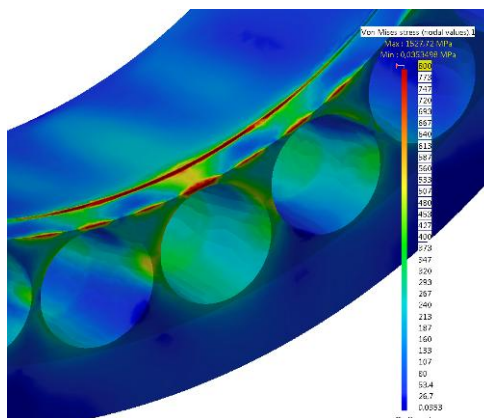
Po preverení veľkého množstva alternatív z hľadiska komplexnej vyrobiteľnosti, zmontovateľnosti, tvarovej funkčnosti a iných vplyvajúcich faktorov bola snaha vybrať optimálnu koncepciu.



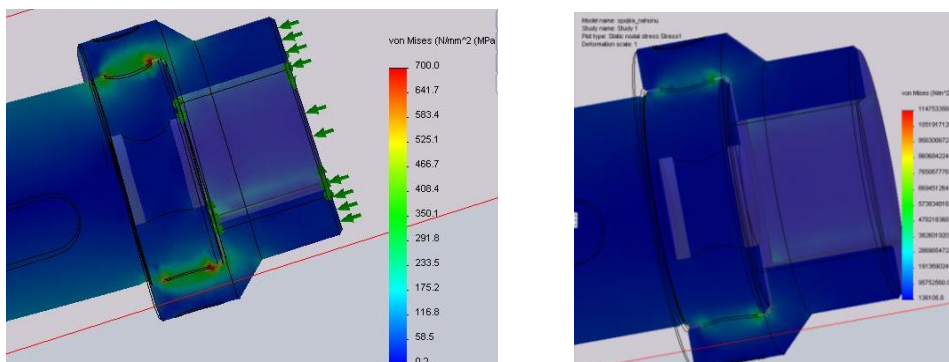
Obr. 8 Dôležité súčiastky zariadenia V1 po dlhodobej skúšobnej prevádzke

Niektoré zmeny boli verifikované výpočtom, ako aj softvérovou pevnostnou či kinematickou analýzou. Príkladom je pevnostná analýza nástroja matrice (Obr. 10). Výsledné porovnávacie napätia podľa Misesa zdôvodňujú reálne opotrebovanie pozorovateľné na obrázku (Obr. 8).

Obr. 9 Konceptia lisovania nástrojom s výstupkami



Obr. 10 Orientačná pevnostná analýza nástrojov matrice



Obr. 11 Orientačná pevnostná analýza strižnej spojky – zaťaženie krut 1600Nm a 1000Nm, priemer kolíka 12mm

Hlavné ciele snaženia konštrukčného tímu boli:

- Zabezpečenie tuhosti konštrukcie
- Jednoduchá výmena nástrojov, ako aj rozoberateľnosť celého zariadenia
- Minimalizácia rizika zlyhania ľudského faktora pri montáži a výrobe
- Zabezpečenie riadeného a ľahko opraviteľného prevádzkového poškodzovania, zníženie trení v celom systéme, dôsledkom čoho má byť zväčšenie celkovej životnosti zariadenia
- Utesnenie priestorov
- Presné definovanie polohy členov v zostave tak, aby nemohlo dôjsť k nepredvídaným kolíziám
- Minimalizácia vôlí medzi pohyblivými členmi tak, aby sa mohli otáčať a súčasne bola zabezpečená tesnosť systému
- Navrhnuť také koncepčné riešenie, ktoré nebude náchylné na samovzpriečenie a následné zablokovanie pri vysokých prevádzkových tlakoch
- Možnosť modulárnej variovateľnosti zariadenia a jednoduchej vymeniteľnosti nástrojov.

Zásadné zmeny a úpravy konštrukcie koncepčne vychádzajúcej z varianty V2

Všetky spomínané riešenia konštrukčných uzlov sú našim duševným vlastníctvom s patričnou právnou ochranou.

1. Bolo vyriešené utesnenie gule, matrice a lisovníka tak, aby nedochádzalo k nepriaznivému tečeniu materiálu do priestoru konštrukcie.
2. Aplikácia klzného ložiska do tela konštrukcie pre zvýšenie životnosti a zadefinovanie presnej polohy matrice (poloha z hľadiska statickej určitosti medzi členmi: guľa, lisovník, matrica a ložisko).
3. Ďalšou súvisiacou inováciou je klzný kameň v uložení gule zabezpečujúci správny kontakt „guľa – matrica“ z hľadiska opotrebenia, prevádzkových odporov a repasovateľnosti.
4. Riešenie problému ohľadne jednoduchej zmontovateľnosti a možnosti nastavovania predpätia v celom systéme, poistenie členov, ktoré toto predpätie do systému vnášajú.
5. Doriešenie mazania celého systému, ako aj utesnenie proti úniku maziva.
6. Poistenie hriadeľov voči axiálnemu posunu.
7. Navrhnutý lámač a návrh opierok slúžiacich na dochladzovanie peliet. Toto riešenie zabezpečuje lepšie ochladenie peliet a odparovania zvyškovej vlhkosti. Lámač dáva možnosť nastavenia dĺžky peliet.
8. Spojka so strižným kolíkom slúži ako ochrana zariadenia voči mechanickému poškodeniu preťažením.. Orientačná pevnostná analýza strižnej spojky je na obrázku (Obr. 11).
9. Úprava tvaru hriadeľov na plochách vsúvaných do guli z dôvodu diferencií uhlových rýchlostí hnacieho hriadeľa voči hnanému. Predpokladom je, že pri prevádzke sa medzi lisovníkom a matricou vytvorí virtuálny trecí prevod, ktorý nedovoľuje dostatočný sklz, dôsledkom čoho je poškodenie konštrukcie. Charakteristické vlastnosti Hookovho klbu spôsobujú množstvo závažných problémov.
10. Bol presunutý otvor násypky na stred gule z dôvodu predpokladu zlepšenia vťahovania materiálu do kompresného priestoru, zlepšenia pomeru objemu voľného voči stlačenému počas jednej otáčky zariadenia (Obr. 7).
11. Vytvorenie koncepciu preplňovania systému plniacim zariadením koncepcia prevzatej z briketovacieho lisu BL 50 – 250 (Obr. 7).
12. Bola pridaná ďalšia skrutka na obe príruby v dolnej časti zariadenia, kde je najväčšie zaťaženia pre zlepšenie tuhosti konštrukcie.
13. Bolo vyriešené utesnenie lisovacieho priestoru tak, aby nedochádzalo k opotrebovaniu hlavného rámu (tela), ale len tesniaceho člena a vymeniteľného nástroja.

Súčasťou konštrukčných krokov boli aj virtuálne kinematické a pevnostné analýzy, porady z výrobcom pre optimalizáciu vyrobiteľnosti systému. Ďalším vedľajším výsledkom našej práce sú aj možné dôvody porúch a nefunkčnosti predchádzajúcich verzií stroja:

1. Prídavné zaťaženia a sklzy vyplývajúce z mechanizmu hookovho klbu => ustrihnutie hnacieho hriadeľa, zlé strhávanie materiálu do lisovacieho priestoru (V1, V2, V3)
2. Nevhodná poloha násypného otvoru zapríčinená pravdepodobne zlou dedukciou, že gravitácia má výraznejší vplyv pri strhávaní materiálu do lisovacieho priestoru (V1, V2).
3. Zjednodušený tvar gule (Obr. 3) uľahčujúci negatívne prúdenie materiálu do priestoru ložísk zapríčiňujúce zvýšenie prevádzkových odporov a nadmerné opotrebenie zariadenia (V2).
4. Zariadenia konštrukčne neriešia kompenzáciu výrobných nepresností pri montáži. (V1, V2)
5. Netesnosť priestorov a s tým súvisiace negatívne prúdenie materiálu a následne znížená životnosť a zvýšené pracovné odporov. (V1, V2, V3)
6. Zlé alebo ešte nedoriešené mazanie (V1, V2)
7. Vysoké klzné odpory mechanizmu z dôvodu nesprávnej kombinácie materiálu uložení a použitia klzných ložísk (V1, V2)
8. Kĺzanie dvoch kalených (ocelových) plôch je nevhodné. (V1, V2)
9. Žiadne alebo nedostatočné poistenie členov mechanizmu (V1, V2).
10. Prebytok krútiaceho momentu od pohonu zapríčiňuje možné poškodenie súčiastok zariadenia (žiadny poistný člen) (V1, V2, V3)

Ďalšie výhody súčasnej konštrukcie

Koncepcia zabezpečuje možnosť výmeny nástroja z hľadiska lisovaného materiálu a požadovaných parametrov výroby. Zmena tvaru kanálu pravdepodobne uľahčí lisovanie rôznorodých materiálov. Podávacie zariadenie dáva možnosť riadeného plnenia alebo až preplňovania.

Finálne riešenie je modulárne a postavené na rovnakej platforme. Na základe správnej kombinácie modulov je možné zostaviť štyri základné kombinácie modulov:

- prechodný variant („kardánový lisovík“ v „bezgardanovej“ zostave),
- bez gardanu s ozubenými nástrojmi,
- bez gardanu s drážkovaným nástrojom,
- s gardanom a drážkovaným nástrojom.

Zariadenie je možné použiť aj bez núteného plnenia.

ZÁVER

Optimalizácia nového princípu zhutňovacieho stroja je veľmi zdĺhavý a náročný proces, ktorého hybnou silou sú aj predchádzajúce omyly alebo úspechy. Tak zložitý proces, ako je zhutňovanie biomasy je v súčasnosti veľmi náročné komplexne simulovať či už pomocou MKP alebo analyticky. V mnohých prípadoch sa odrážame len od predchádzajúcich skúseností a konštruktérskej intuície alebo využívame tak obľúbenú metódu pokusov a omylov. Preto je dôležitý každý jeden krok, aj keď nie vždy správnym smerom.

Zariadenie V4 bolo ocenené ako konštrukčný návrh roka (KRR 2010 – 6. ročník) firmou SCHIER TECHNIC. Je dôležité zdôrazniť, že ak by sa potvrdili spomínané predpoklady a stroj by prešiel prototypovými skúškami hlavne v bezgardanovom prevedení, bol by to výrazný krok k sériovej výrobe malých a stredných peletovacích strojov novej generácie vhodných pre menšie prevádzky a domácnosti, schopných zhutňovať široké spektrum biomasy vrátane dreva. Zariadenie by bolo cenovo dostupné, s vysokou životnosťou a prevádzkovým výkonom.

Aj keď naše pracovisko dosahuje v tejto oblasti veľmi dobré výsledky, proces realizácie myšlienok do reality je pomalý a zdĺhavý. Žiaľ dĺžka riešenia je nepriaznivo ovplyvňovaná aj nedostatkom finančných prostriedkov na realizáciu týchto progresívnych myšlienok. To sa potom prejavuje na počte zamestnancov, ktorí tieto myšlienky rozpracovávajú, ako aj na rýchlosti výroby jednotlivých prototypov. Škoda, že kompetentné inštitúcie nemajú pochopenie pre riešenie týchto myšlienok a neuvolnia na realizáciu projektov viac finančných prostriedkov.

Pod'akovanie:

„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 LITERATÚRA

- [1] Šooš, L. - Grman, M.: Lis na pelety. - , 2006. - Číslo úžitkového vzoru: SK 4554. - Dátum nadobudnutia: 19.6. 2006.
- [2] Grman, M.: Diplomová práca 2002 - Progresívna konštrukcia zhutňovacieho stroja
- [3] Šooš, L. - Grman, M.: Spôsob lisovania peliet zo sypkej organickej a/alebo anorganickú suroviny alebo surovínovej zmesi a lis na pelety. - 2009. - Číslo patentu: SK 286877. - Dátum udelenia: 4. 5. 2009.
- [4] Šooš, L.: Návrh, vývoj a výskum nových konštrukcií zhutňovacích strojov. Pro-Energy magazín č. 4. s. 56--60. ISSN 1802-4599.
- [5] ŠOOŠ, L.: Projekt vedy a výskumu číslo 2003 SP 26 028 0C 04. KVT SJF STU, Bratislava 2003