

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2341 Strojírenství
Studijní zaměření: Univerzitní bakalář

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Optimalizace šneku pro lisování dřevěných pilin

Autor: **Martin HÁLA**

Vedoucí práce: **Ing. Miroslav ZETEK, Ph.D.**

Akademický rok 2016/2017

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin HÁLA**

Osobní číslo: **S14B0012K**

Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**

Studijní obor: **Strojírenská technologie-technologie obrábění**

Název tématu: **Optimalizace šneku pro lisování dřevěných pilin**

Zadávací katedra: **Katedra technologie obrábění**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :


1. Úvod
2. Rozbor současného stavu
3. Popis a návrh vlastního řešení
4. Zhodnocení výsledků
5. Závěr

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah kvalifikační práce: **30 - 40 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**
Seznam odborné literatury:

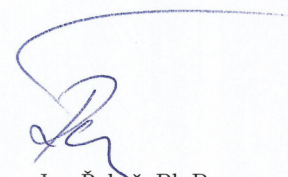
- **STANĚK, Jiří, Metodika zpracování a úprava diplomových(bakalářských)prací,Západočeská univerzita, 2005, ISBN 80-7043-363-9**
- **KRAUS, Václav. Tepelné zpracování a slinování. 3. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2013. 273 s. ISBN 978-80-261-0260-1**
- **ŘASA, Jaroslav a GABRIEL, Vladimír. Strojírenská technologie 3. 1. díl, Metody, stroje a nástroje pro obrábění. 1. vyd. Praha: Scientia, 2005. 256 s. ISBN 80-7183-337-1**

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Miroslav Zetek, Ph.D.**
Katedra technologie obrábění
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Miroslav Zetek, Ph.D.**
Katedra technologie obrábění

Datum zadání bakalářské práce: **17. října 2016**
Termín odevzdání bakalářské práce: **2. června 2017**


Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Jan Řehoř, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 19. října 2016

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne:26.5.2017.....

.....
podpis autora

Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Miroslavu Zetkovi, Ph.D. za vstřícný přístup, věcné a cenné připomínky a odborné vedení, jež mi pomohlo tuto práci zkompletovat.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ (BAKALÁŘSKÉ) PRÁCE

AUTOR	Příjmení Hála	Jméno Martin		
STUDIJNÍ OBOR	B2341 Strojírenství			
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Zetek, Ph.D.	Jméno Miroslav		
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KTO			
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte	
NÁZEV PRÁCE	Optimalizace šneku pro lisování dřevěných pilin			

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KTO	ROK ODEVZD.	2017
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	40	TEXTOVÁ ČÁST	29	GRAFICKÁ ČÁST	11
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p style="text-align: center;">ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL, POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Práce řeší problém nízké trvanlivosti a životnosti šneku pro lisování dřevěných pilin. Zaměřuje se na jejich zvýšení pomocí optimální volby materiálu, způsobu tepelného zpracování a úpravy povrchu.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p style="text-align: center;">Briketa ,trvanlivost, životnost.</p>

SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

AUTHOR	Surname Hála	Name Martin	
FIELD OF STUDY	B2341 Strojírenství		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Zetek, Ph.D.	Name Miroslav	
INSTITUTION	ZČU - FST - KTO		
TYPE OF WORK	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
TITLE OF THE WORK	Optimization of the screw for compressing wooden sawdust		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machining Technology	SUBMITTED IN	2017
----------------	---------------------------	-------------------	-------------------------	-------------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

TOTALLY	40	TEXT PART	29	GRAPHICAL PART	11
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The thesis solves the problem of low durability and tool life of the screw for compressing wooden sawdust. It is focused on the increasing tool life by optimizing material selection, heat treatment and surface treatment.
KEY WORDS	Briquette, durability, service life.

Obsah

Úvod	3
1.1. Pojem briketování.	5
1.2. Historie briketování a současnost.	5
1.3. Lisování anorganických a organických materiálů.	6
1.4. Princip lisování organických materiálů a charakteristika briket.	6
1.5. Druhy briketovacích lisů, jejich výhody a nevýhody.	8
1.5.1. Klikový (pístový) briketovací lis.	8
1.5.2. Šnekový briketovací lis.	9
1.4.3. Hydraulický briketovací lis.	10
2. Rozbor současného stavu	11
2.1. Popis šnekového briketovacího lisu a princip lisování	11
2.2. Specifikace šneku dle stávající dokumentace	13
2.3. Úskalí nástroje a jeho opotřebení	14
2.4. Tepelné zpracování a povrchová úprava ocelí	17
2.4.1 Kalení	17
2.4.2. Povrchové kalení.....	17
2.4.3. Cementování.....	17
2.4.4 Nitridování	18
2.4.5. Povlakování.....	18
2.5. Možnosti opravy a renovace	20
2.5.1.1 Svařování elektrickým obloukem	20
2.5.1.2. Navaření elektrodou	20
2.5.2.1 Svařování v ochranné atmosféře.....	21
2.5.2.2 Navaření metodou MAG/MIG	21
2.5.3.1 Svařování plamenem	22

2.5.3.2 Nanesení žárového nástřiku s následným spájením	23
3. Popis a návrh vlastního řešení.	25
3.1. Vlastní experiment	25
3.1.1. Šneky od firmy Boco.	25
3.1.1.1. Šneky kalené	26
3.1.1.2 Šneky pancéřované.....	26
3.1.1.3 Vyhodnocení spolupráce	27
3.1.2. Šneky povlakované od firmy VUHZ	27
3.1.2.1 Výběr metody depozice a druhu povlaku.....	28
3.1.2.2. Testování vrstvy CVD HARD s vyhodnocení spolupráce s VUHZ	29
3.1.3. Cementační ocel a renovace	30
3.1.3.2. Předlité šneky pomocí přesného lití s nutností soustružit.....	30
3.1.3.3. Dokončený předlitý šnek a návarová elektroda	32
3.1.3.4. Dokončený předlitý šnek a spolupráce s firmou Eutectic Castolin	32
3.1.4. Deponování povlaky PVD	33
4. Zhodnocení výsledků experimentu.....	34
5. Závěr.....	36
Seznam zdrojů:	37
Seznam zkratk a symbolů:	40

Úvod

Lidstvo odnepaměti potřebuje nějakou formu energie ať už k zajištění teplotního komfortu, tak i pro úpravu pokrmů. V době extrémního růstu lidské populace a vyčerpatelnosti fosilních paliv existuje snaha o získávání energie z obnovitelných zdrojů. Možnostmi mohou být jak cílené pěstování energetických plodin, jehož nevýhodou je zabírání zemědělské půdy těmito komoditami, tak i zefektivňování výrobních procesů týkajících se zpracování biomasy. V tomto případě bude pojednáno především o dřevozpracujícím průmyslu a konkrétně o briketování, k němuž je využit odpad, který byl ještě v nedávných dekáдах zavážen na skládky.

Nejen že je efektivněji využita dřevní surovina, ale i se na trh dostává produkt šetrný k životnímu prostředí, který poslouží především pro vytápění rodinných domů.

Zadáním bakalářské práce je posouzení současné výroby šneku briketovacího lisu a rozbor možných variant výroby s ohledem na současné možnosti nástrojů, strojů a technologií.

S rostoucí globalizací a tlakem na cenu výsledného produktu (dřevěné brikety) bude hrát velký faktor životnost nástroje, popřípadě jeho možnost renovace. V této práci však bude nastíněno pouze několik možností výroby nástroje a posouzení ekonomického hlediska nebude detailněji rozebráno.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1.1. Pojem briketování.

Briketování je lisování sypkého nebo rovnoměrně rozdrčeného materiálu organického či anorganického původu za působení tlaku, popř. i teploty, briketovacím lisem. Lisování může probíhat bez příměsí nebo pomocí pojiv. Pokud se jedná o brikety určené k topení, mělo by se jednat o pojiva organická. Výsledný produktem je briketa. [1]

1.2. Historie briketování a současnost.

Historie briketování sahá velmi hluboko. Jako příklad užití mírného tlaku v dobách minulých lze uvést svazování klestu do otýpek, použití tepla lze v historii nalézt u mongolských pastevců, kteří pomocí slunečního svitu vysoušeli trus zvířat. Oba tyto případy mají společnou myšlenku využití odpadu jako paliva pro zajištění tepelné pohody a energie potřebné na úpravu pokrmů.

První zmínky průmyslového briketování sahají do druhé poloviny 19. století, kdy je prováděno strojem na výrobu palivových briket lisování rašeliny. Od té doby došlo k rozvoji těchto strojů, zejména však pro lisování rašeliny, hnědého uhlí a uhelného prachu.

Pokud se zaměříme na nedávnou minulost, jde u briketování obecně o zhodnocení odpadů vzniklých při transformaci výrobních procesů nebo za účelem snížení prostorů potřebných na hospodaření s odpady. Svou roli při vývoji strojů hrála samozřejmě i 2. světová válka, která zapříčinila nedostatek zdrojů energií. Zde je zaznamenán větší rozvoj strojů na briketování z organických látek, které byly snadněji dostupné.

V dalších dekádách pak došlo postupným rozvojem elektroniky, hydrauliky a dalších odvětví došlo jak k modernizaci a zefektivnění stávajících zařízení, tak ke vzniku lisu hydraulického, jehož kontinuitu provozu řídí velké množství elektroniky. Jeho nespornou výhodou je ale fakt, že lze jím lisovat libovolné materiály.

1.3. Lisování anorganických a organických materiálů.

Při lisování anorganických materiálů určených jako zdroj energie, tedy např. uhlí, mour a podobně, je nutné použít organické pojivo. V největší míře se využívá lignin. Je zde zapotřebí nižších tlaků než lisování organických materiálů. Při briketování anorganických materiálů vzniklých ve strojírenském odvětví při obrábění materiálů pojiv většinou zapotřebí není.

Pokud jde o lisování organických materiálů, je zapotřebí poměrně vyšších tlaků a teplot, neboť musí dojít k rozrušení elastických buněčných stěn materiálu. Vzhledem k tomuto faktu je nutné použití masivnějších konstrukcí a výkonnějších motorů, které zvyšují jak cenu briketovacího lisu, tak jeho náklady na provoz a údržbu. [2]

1.4. Princip lisování organických materiálů a charakteristika briket.

Při briketování je využito mechanických a chemických vlastností materiálů. Zhutnění do kompaktních tvarů proběhne bez přidání pojiv využitím pryskyřic obsažených v materiálu. Za působení vysokého tlaku a teploty se uvolní z buněčných struktur dřeva lignin, který slouží jako hlavní pojivo výsledné brikety.

Při lisovacím procesu dojde k přiblížení jednotlivých částí vstupního materiálu na minimální vzdálenost a vytvoření tzv. Van der Waalsových sil. Toto je možné pouze za velmi vysokých tlaků, a to běžně kolem 250 bar/ cm².

Základem úspěšného a kvalitního slisování je vstupní vlhkost materiálu a jeho stejnorodost z hlediska zrnitosti. Platí, že čím sušší a jemnější výchozí materiál, tím kvalitnějšího produktu je dosaženo. Pokud vlhkost přesáhne 15 %, je výsledná briketa plná trhlin a nad 20 % je materiál prakticky nemožno slisovat. [3]

V současné době, kdy jsou zaznamenávány změny klimatu a vzrůstá poptávka po ekologicky přívětivém palivu, je briketování ideálním řešením. Nejenže jde o obnovitelný zdroj energie, ale i o vyšší využití cenných surovin.

Brikety určené k vytápění se vyrábějí lisováním ze suchého materiálu, nejčastěji dřevních pilin, hoblin, prachu a drtě, do výsledného tvaru, který je typický pro danou výrobní technologii. Nejčastěji se jedná o brikety ve tvaru válce, kvádrů či osmihranu s válcovou dírou uprostřed. Jemná zrnitost vstupního materiálu je dosažena ve většině případů vložením kladívkového drtiče do technologické linky. Sušení pak probíhá v ČR vesměs pomocí bubnových sušáren, kde je materiál sušen ve vznosu pomocí horkého vzduchu. V současnosti se však do popředí dostávají také pásové sušárny. Dle materiálu určeného k lisování lze na trhu nalézt brikety z dřevní hmoty, slámy, energetických plodin či kombinací výše uvedených.

Brikety mají díky kvalitnímu slisování vysokou hustotu, která se při správném dodržení výrobního postupu pohybuje od 1000 do 1200 kg/m³. Při dodržení správných zásad skladování mají výsledné brikety nízkou a stabilní vlhkost, která se pohybuje kolem 8 %. Rovněž se vyznačují nízkým obsahem popele, který se pohybuje mezi 1 až 3 %. Výhřevnost briket se pohybuje kolem 18 MJ/kg, což je řadí mezi velmi kvalitní paliva z obnovitelných zdrojů. Neboť jsou brikety baleny do PE folií většinou po 10 kg, je jejich skladování velmi čisté, rychlé a komfortní.



Obrázek 1. Bubnová sušárna [19]

1.5. Druhy briketovacích lisů, jejich výhody a nevýhody.

Stroje běžně dostupné na současném trhu lze rozdělit do tří kategorií podle toho, na jakém principu funguje lisovací proces. Rozoznáváme tak lis klikový, šnekový a hydraulický. Všechny druhy včetně jejich popisu, principu, výhod a nevýhod jsou uvedeny níže.

1.5.1. Klikový (pístový) briketovací lis.

Tento lis využívá klikového mechanismu, kdy je na hlavní motor přes řemenový převod instalován setrvačnický, na nějž navazuje ojnice s pístem. Mechanismus je uložen do rámu stroje. Hlavní pracovní pohyb je přímočarý vratný a koná ho píst. V jeho dolní úvratí dojde k přísunu materiálu a následným pohybem mechanismu dojde k jeho zhutnění. Tento cyklus se neustále opakuje. Materiál prostupuje přes zužující se soustavu matric, které určí výsledný profil brikety. Matrice mohou být i vyhřívané. Většinou se jedná o brikety válcového typu různých délek dle přání odběratele.

Briketa je totiž vyráběna kontinuálně. Mezi výhody stroje patří to, že je jednoduché konstrukce s minimem elektroniky a výsledný produkt umožňuje variabilitu délky brikety dle přání zákazníka. Nevýhodami jsou rozpad brikety při hoření na jednotlivé segmenty tvořené příslušnými zdvihy pístu lisu a nevhodnost k lisování anorganických materiálů.



Obrázek 2.: Pístový briketovací lis [20]

1.5.2. Šnekový briketovací lis

Jedná se o relativně jednoduchý kompaktní stroj, který k lisování používá soustavu šneků a matic. Hlavní pracovní pohyb nástroje je rotační a je realizován pomocí elektromotoru, který pomocí řemenového převodu přenáší kroutící moment na hlavní hřídel. V té je uložena soustava válcového a kuželového šneku. Pomocí šneků materiál prochází kontinuálně strojem a matrice dají briketě výsledný tvar a hustotu. Matrice jsou vždy vyhřívané a zajišťují mírné zuhelnatění povrchu a glazuru brikety. Vzhledem ke kontinuitě celého procesu je stejně jako u klikového lisu briketa dělena na libovolnou délku. Jako výhody lze jmenovat to, že stroj je jednoduché konstrukce s minimem elektroniky, výsledný produkt umožňuje variabilitu délky dle přání odběratelů a briketa si při hoření udržuje stále svůj tvar a kompaktnost, což je důsledek plynulosti lisovacího procesu; to příznivě působí na její výhřevnost. Jako nevýhody lze uvést to, že lis není vhodný k lisování anorganických materiálů a nutnost odsávání zbytkových par, které se vytvoří při průchodu lisovaného materiálu nahřátými maticemi.



Obrázek 3: Šnekový briketovací lis[21]

1.4.3. Hydraulický briketovací lis

Jedná se o nejmodernější konstrukci lisu na brikety, kde je využito jak hydrauliky, tak elektroniky. Celý stoj pracuje pomocí tří hydraulických válců. První z nich slouží pouze k přesouvání formy tak, aby při jednom cyklu hlavního pístu došlo ke slisování brikety a současnému vytlačení brikety vyrobené v cyklu předcházejícím. Třetí píst slouží ke zhutnění brikety shora. Samotný cyklus proběhne tak, že do lisovacího prostoru dodá šnekový dopravník z násypky přesné množství pilin dané volitelným časem běhu motoru posuvu. Následně pak dojde ke stažení lisovacího prostoru shora. Ve fázi poslední hlavní píst zhutní prostor lisování až na tlak 250bar. K tomu je zapotřebí výkonné hydraulické čerpadlo.

Mezi nesporné výhody patří možnost lisovat téměř všechny druhy materiálů, organické i anorganické, nízké nároky na obsluhu a to, že si briketa při hoření udržuje stále svůj tvar a kompaktnost. Nevýhodou je stroj složitější konstrukce s množstvím elektroniky, která může být v prašném prostředí náchylnější. Proto je třeba dbát na čistotu stroje.

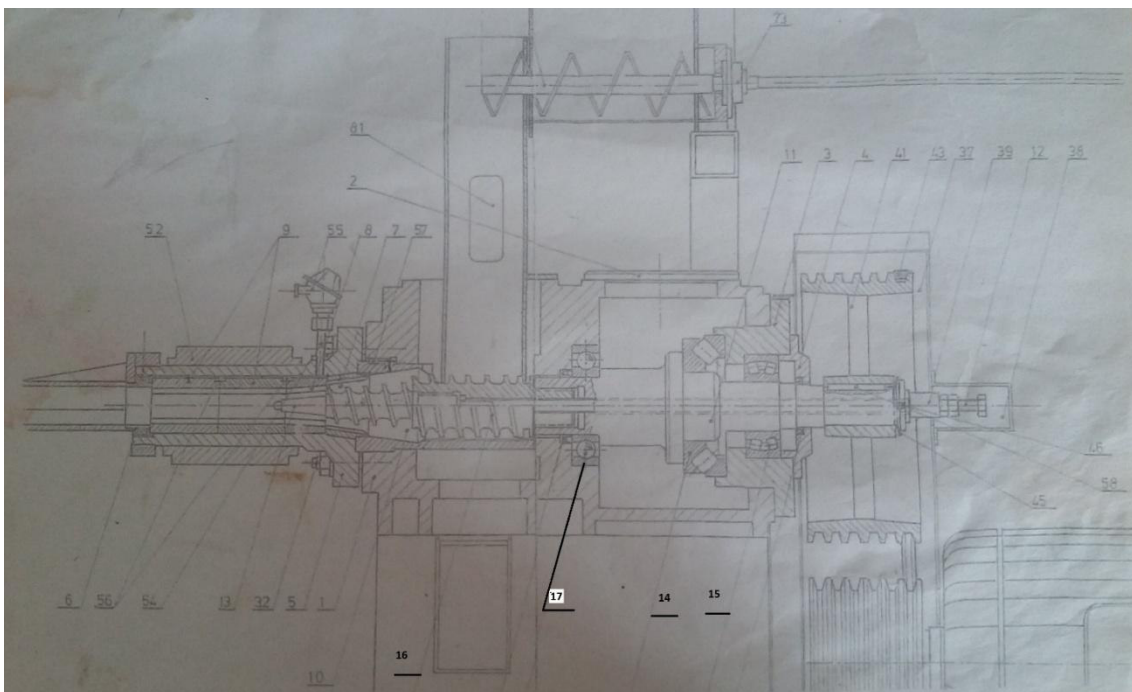


Obrázek 4: Hydraulický briketovací lis[22]

2. Rozbor současného stavu

2.1. Popis šnekového briketovacího lisu a princip lisování

Lis je poměrně jednoduché zařízení stávající se z hlavní hřídele (poz.11obr.5) uložené v sestavě valivých ložisek (poz. 17,14,15obr.5) brodicích se v olejové lázni. Tento hřídel je dutý, neboť je jím vedena závitová tyč (poz.12 obr.5) sloužící k uchycení primárního šneku. Centrální hřídel je na jedné straně vyveden za skříňě a osazen klínovou řemenicí (poz.41 obr.5) se šesti drážkami pro řemen typu A (poz.43 obr.5) zajišťující přenos kroutícího momentu. Na druhé straně skříňě je hřídel opatřen vnitřním levotočivým závitem M70x4 mm, který slouží ke spojení sekundárního podávacího šneku pilin válcového tvaru (poz.16 obr 5). Vzhledem k minimálnímu opotřebení a vysoké životnosti není předmětem této práce. Na tento šnek navazuje náš zkoumaný kuželový tlačný šnek (poz.13 obr5), který tlačí piliny přes přehřátou soustavu matic (poz.7,8,9 obr. 5) a vytvoří tak kontinuální briketu požadované kvality a tvaru. Pro snazší pochopení funkčnosti zařízení uvedena fotografie výkresu sestavení.



Obr.5 Výkres sestavy briketovacího lisu [23]

Princip lisování se velmi autenticky podařilo zachytit při demontáži lisovacího šneku po skončení směny na fotografiích uvedených níže. Z nich je patrné, že k hlavnímu lisovacímu procesu dochází mezi primárním kuželovým šnekem a prvotní kuželovou maticí. Zde tedy dochází vlivem tření, vysokých teplot a tlaků k největšímu opotřebení.

Na obr. 6 je viditelný přísun materiálu šnekem z pravé strany a po průchodu primární maticí tvoří se briketa s typickým povrchem pro danou lisovací technologii.



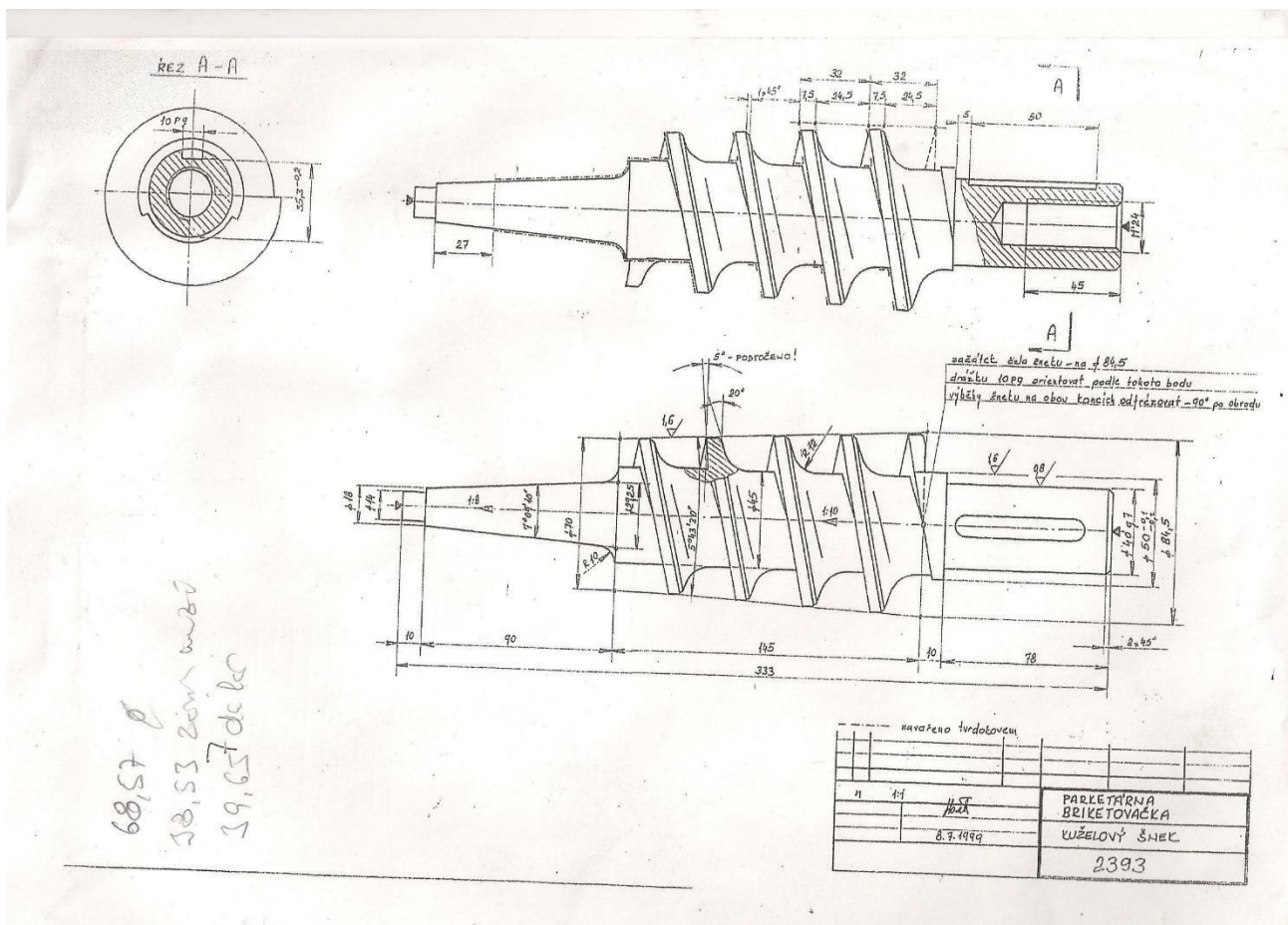
Obr. 6 Briketa tvořící se v primární matici [24]



Obrázek 7: Částečně slisovaný materiál[25]

2.2. Specifikace šneku dle stávající dokumentace

Tlačný šnek je 333 mm dlouhý, upínací část je válcová s drážkou pro pero zajišťující přenos kroutícího momentu a spojení s podávacím šnekem, který není součástí rozboru. Vlastní závit je kuželový volně přecházející v kuželovou špičku nástroje. Vlastní rozměry jsou na přiloženém výkresu níže.



Obrázek 8: Výkres zkoumaného šneku[26]

2.3. Úskalí nástroje a jeho opotřebení

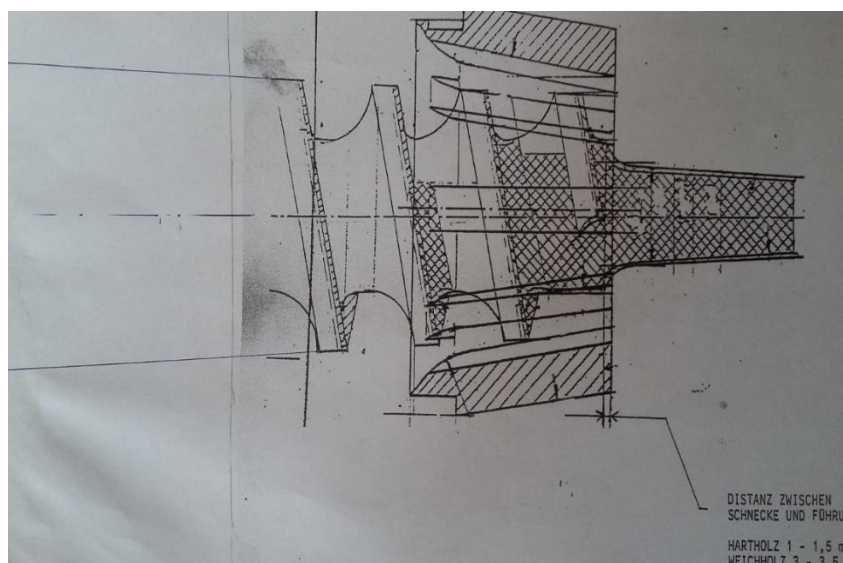
Nutno podotknout, že soustava matric je vyhřívána a to až na 240°C jednak pro vytvoření glazury na povrchu brikety a jednak pro vyloučení ligninu, který podpoří lisovací proces. To znamená, že teplo vytvořené tlakem a třením při lisování je ještě umocněno právě předehtáním matric. Pracovní teplota šneku se v maximu může pohybovat až kolem 500°C, to však lze přesně jen velmi těžko změřit, neboť rozebrání stroje a umožnění přístupu ke šneku zabere určitý čas. Orientační pomůckou nám může být tabulka barvy a teploty pro oceli (viz. Obr 7).

Barva	Popis	Teplota
	jasně žlutá	1100°C
	tmavě žlutá	1040°C
	žluto-oranžová	980°C
	oranžová	930°C
	červeno-oranžová	870°C
	jasně červená	820°C
	červená	760°C
	středně červená	700°C
	světle červené	650°C
	slabě červená	590°C
	šedo-červenající	540°C
	tmavě šedá	430°C
	modrá	300°C
	tmavě fialová	280°C
	fialová	270°C
	hnědo-fialová	260°C
	hnědá	250°C
	Dark Straw - tmavá sláma	240°C
	Light Straw - světlá sláma	230°C
	Faint Straw - mdlá sláma	200°C

Obr 9. Tabulka barev a teplot ocelí[27]

Kombinace těchto faktorů způsobuje, že na předních závitech a špičce lisovacího šneku a první hvězdicové matrice dochází k extrémnímu zatížení a tím i opotřebení jak je možné vidět na obrázcích níže. Z dostupných informací k těmto poruchám je možno dojít již za osm hodin práce stroje, výjimečně i dříve.

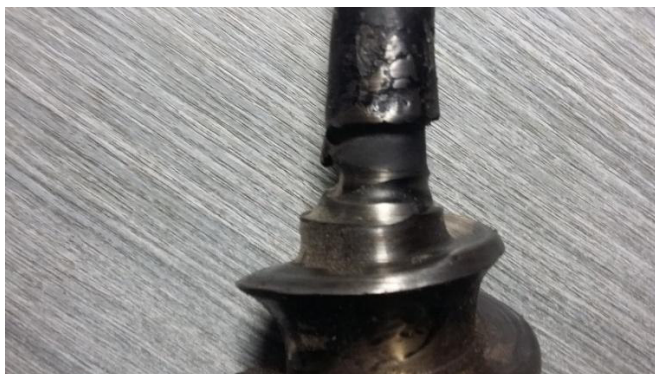
Pro bezproblémový chod lisu a vytvoření kvalitní brikety odpovídající německé normě DIN 5173 je nutné dodržet čelní a obvodovou mezeru mezi primárním šnekem a kuželovou matricí jak je patrné z výkresu níže (obr.8.), z něhož lze vydedukovat, že právě na opotřebení prvního závitu a drážek matrice velmi záleží. Jakmile opotřebení dosáhne určité meze, poklesne lisovací tlak a briketa je nevzhledná. V horším případě stroj zcela přestane fungovat. Pak je nutné lis odstavit, demontovat hubici s matricemi a topným tělesem, a primární šnek, popřípadě celou soustavu, posunout opět vpřed a příslušnou distanci. Druhou variantou je renovace primárního šneku, která bude detailněji rozebrána dále.



Obr.10 Výkres odstupu šneku a matrice [28]

Některé druhy opotřebení šneku lze hodnotit již na chodu stroje i přesto, že ke šneku není přístup. Pokud se začne ucpávat dutina ve výsledné briketě, je to signál, že se opotřebovává špička nástroje (obr. 9). Někdy může dojít k tenčení profilu, někdy k vytvoření drážky, která může mít za následek i odlomení špičky.

Faktory uvedené výše v kombinaci s prostoji ve výrobním procesu danými výměnou šneků a neustále se zvyšujícím tlakem na snižování cen paliv a vedly firmu Hála Wood Group s.r.o. k hledání vhodného řešení, které by zvýšilo životnost šneků s ohledem na cenovou politiku, která se projeví na výrobní ceně výsledného produktu.



Obrázek 11: Opatřebení šneku [29]

2.4. Tepelné zpracování a povrchová úprava ocelí

2.4.1 Kalení

Jedná se o tepelný proces, jehož účelem je zvýšení tvrdosti oceli vytvořením částečně nebo zcela nerovnovážné struktury. Ocel se zahřeje na austenitizační teplotu, po výdrži na této teplotě následuje prudké ochlazení větší rychlostí než kritickou. Kalícím prostředím může být voda, olej, roztavené solné či kovové lázně nebo vzduch. Podle toho, jaká ocel bude kalena, se odvíjí jak kalící teplota, tak kalící prostředí. Nevýhodou zvýšení tvrdosti kalených výrobků je ztráta jejich houževnatosti, proto jsou kalené součásti křehčí. Výsledná tvrdost do 65 Hrc. [4]

2.4.2. Povrchové kalení

Rovněž se jedná o tepelný proces obdobný kalení s tím rozdílem, že je snaha zvýšit tvrdost pouze v povrchové vrstvě za současného zachování měkkého a houževnatého jádra. Ocel nevhodných parametrů musí být předem cementována. Rozdílných vlastností se dosahuje rychlým ohřevem povrchu a rychlým ochlazením. Tvrdost po kalení se pohybuje rovněž kolem 65 HRc. Požadovaná hloubka kalené vrstvy bývá vyšší než v případě chemicko-tepelného zpracování ocelí, tedy cementování a nitridování. [4]

2.4.3. Cementování

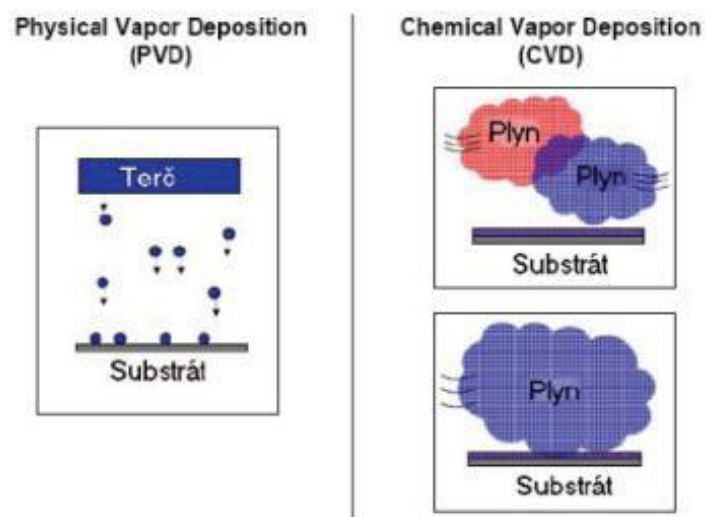
Cementování je syčení povrchu uhlíkem v kapalném, plynném nebo pevném stavu. Účelem cementování je obohacení povrchové vrstvy součásti nízkouhlíkových ocelí na hodnotu 0,85% a do hloubky až 1mm, vyjímečně až 2 mm. Tento proces zvýší únavovou pevnost a vzniklá povrchová vrstva se po zakalení vyznačuje vysokou tvrdostí a odolností proti otěru. Nejstarší způsob cementování je v suchém prostředí (prášku), kdy je suchý očištěný materiál v krabici zasypán cementačním práškem. Takto uzavřená a jilem utěsněná krabice se vloží do cementační pece. Cementace v kapalném prostředí se hodí nejvíce pro drobné a střední výrobky nevyžadující silné cementační vrstvy. Součásti vyžadující cementaci se vkládají do lázní, jejichž nejčastějšími složkami jsou uhličitany alkalických kovů. Cementování v plynném prostředí je produktivní a moderní způsob, kdy je aktivní atmosféra přímo v peci, která může být průběžná nebo víceúčelová. [4]

2.4.4 Nitridování

Nitridování je syčení povrchu předmětu dusíkem, ten může být ocelový nebo litinový. Proces probíhá v plynném nebo kapalném prostředí při teplotě obvykle v rozmezí 470-580°C dle příslušného materiálu po dobu několika desítek hodin v závislosti na požadované tloušťce. Účelem nitridování je vytvoření povrchové vrstvy obsahující vysoce disperzní nitridy slitinových prvků s vysokou afinitou k dusíku, jako jsou např. Al, Cr, Ti, W, V. Tato nitridační vrstva si zachovává vysokou tvrdost a odolnost proti opotřebení otěrem i za vyšších teplot. Tvrdost vrstvy se pohybuje kolem 1200 HV** , což odpovídá 70 HRc. [4]

2.4.5. Povlakování

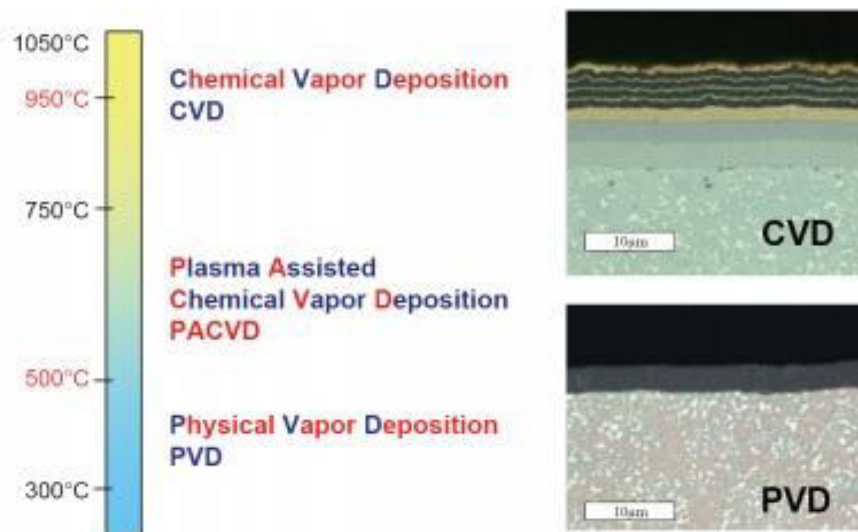
Povlakování je dnes nejpoužívanějším procesem úpravy nástrojů na účelem dosažení zlepšení jejich vlastností, což vede ke snížení nákladů. Principem povlakování obecně je vznik vrstvy tvořené dopadajícími atomy. Ty mohou být trvale zachyceny vazbou nebo opět uvolněny. Faktorů ovlivňujících účinnost povlaků je celá řada. Mezi základní patří zvolená metoda, tloušťka, pracovní teplota, tvrdost, houževnatost, přilnavost povlaku k materiálu a řada dalších.



Obr.12 Způsoby nanášení povlaků[30]

CVD (Chemical Vapour Deposition) metoda probíhá za vysokých teplot mezi 1000-1200 °C. Povlaky mají obvykle tloušťku do 15 µm a vazba mezi povlakem a substrátem je silnější než vazba u metody PVD. Díky tomu jsou CVD povlaky tvrdší než PVD povlaky a tím poskytují delší životnost nástrojům. Metoda má čtyři možnosti, a to tepelně indukovaná, plazmaticky aktivovaná, elektronově indukovaná a fotonově indukovaná.

PVD (Physical Vapour Deposition) metoda se vyznačuje nižší pracovní teplotou než u metody CVD (cca 500 °C), díky čemuž nedojde k tepelnému ovlivnění nástroje. Povlaky se vyznačují menší tloušťkou do 5 µm. Povlak se vytváří napařováním, napařováním nebo iontovou implantací paprsků. [5]

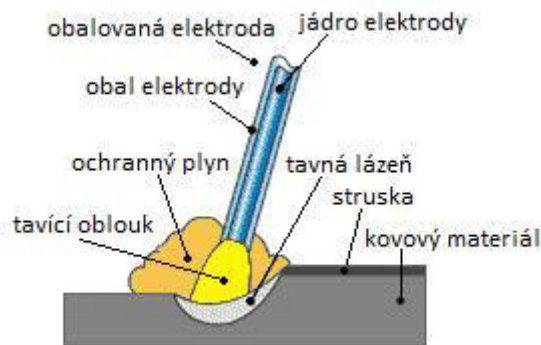


Obr. 13 Metody povlakování[31]

2.5. Možnosti opravy a renovace

2.5.1.1 Svařování elektrickým obloukem

Elektrický oblouk vniká mezi základním materiálem a elektrodou, která je tavná a obalená. Obloukem vzniká teplo, které taví jak základní materiál, tak elektrodu s obalem, jehož rozkladem vznikají plyny chránící kapku směřující do svarové lázně. Látky obsažené v obalu elektrody jsou pak vyloučeny na povrch svaru ve formě strusky a zabraňují jeho oxidaci. Vzniklou strusku je pak nutno odstranit. Teplo vytvořené obloukem může dosahovat hodnoty až 6000°C. [6]



Obr.14 Princip obloukového svařování[32]

2.5.1.2 Navaření elektrodou

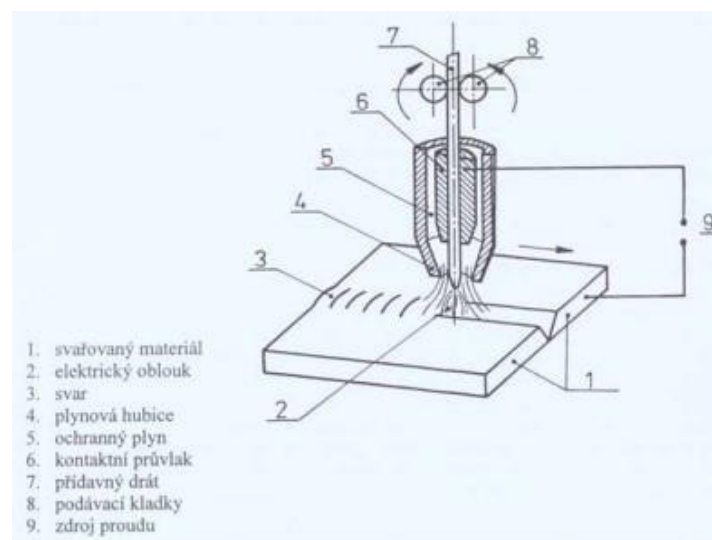
Jedná se o navaření návarovou elektrodou s vysokým podílem jemných karbidů v martenzitické matici. K nanesení vrstvy je potřeba teplo, které vnikne hořením elektrického oblouku mezi elektrodou a základním materiálem. Vzniklý povrch však není dostatečně hladký a je nutno ho přebrousit, což je vzhledem k množství obsažených karbidů velmi obtížné.



Obr.15 Navaření elektrodou[33]

2.5.2.1 Svařování v ochranné atmosféře

Podstatou svařování v ochranné atmosféře tavící se elektrodou (metoda MAG/MIG) je hoření oblouku mezi základním materiálem a z cívky se odvíjejícím drátem, jehož posuv zajišťují kladky podavače. Ochranou atmosféru svarové lázně zabezpečuje proud aktivního nebo inertního plynu dle příslušné metody vycházejícího z hubice. Teplota kapek z roztaveného přídavného drátu dosahuje v případě metody MAG, tedy metody s aktivním plynem jako např. CO_2 , hodnoty až 2500°C . Metoda MIG používá nejčastěji jako ochranný plyn argon. [7]



Obr. 16 Princip svařování MAG[34]

2.5.2.2 Navaření metodou MAG/MIG

Principem nanesení otěruvzdorné vrstvy je navaření pomocí metody v ochranné atmosféře, kdy je na základní materiál nanášen za tepla materiál obsahující jemné karbidy, které zvyšují otěruvzdornost nástroje a tím i jeho životnost.

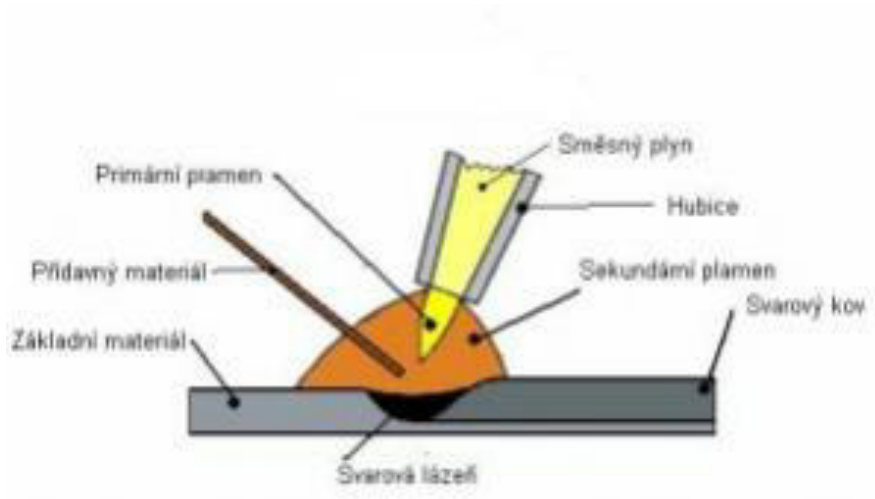
Svar je chráněn buď aktivním plynem (směs Corgon, CO_2) v případě metody MAG nebo např. Argonem v případě metody MIG. Výsledný povrch vykazuje lepší drsnost než v předcházejícím případě.



Obr.17 Navaření MAG/MIG[35]

2.5.3.1 Svařování plamenem

Podstatou metody je natavení základního a přídavného materiálu pomocí směsi plynů vytvářejících plamen. Jeden plyn je hořlavý (většinou acetylen) a druhý hoření podporující (většinou tedy kyslík). Proto bývá plamen často nazýván acetylen-kyslíkovým. Při správném poměru plynů lze dosáhnout teploty až 3200°C. Jedná se o tavné svařování s použitím přídavného materiálu ve formě holého drátu. Podle poměru mísení plynů lze rozdělit plamen na neutrální, oxidační a redukční. Dle výtokové rychlosti rozeznáváme plamen měkký, střední nebo ostrý. [8]



Obr 18. Svařování plamenem[36]

2.5.3.2 Nanesení žárového nástřiku s následným spájením

Kovový karbidový prášek je nanášen na rozžhavený poklad pomocí acetylen-kyslíkového plamene. Princip je ten, že nejprve dojde k ohřevu základního materiálu do červeného žáru, tedy nad 800°C a pozvolného otevírání ventilu zajišťujícího přívod prášku do hořáku. Prášek je unášen proudem plynu a usměrňován na natavený materiál. Tím dojde k dokonalému propojení obou materiálů a vznikne tak plně hustý povlak, který se uplatňuje u případů s vyskytující se vysokou abrazí, korozí a oxidací. Výsledný povrch je při dodržení technologických podmínek přiměřeně hladký a kopíruje rovnoměrně tvar součásti.



Obr 19. Nanášení povlaku plamenem[37]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3. Popis a návrh vlastního řešení.

V této části práce bude popsáno několik druhů výroby popřípadě renovace šneků. Za tímto účelem bude proveden experiment závislosti trvanlivosti na daném druhu materiálu, popřípadě povrchové úpravy. Přihlíženo bude jak na klasické konvenční metody, tak na moderní způsoby obrábění a ochranu povrchů. Při testování bude snaha zajistit pracovní podmínky totožné pro různé druhy vzorků nástroje, zejména pak konstantní lisovací materiál a lisovací teplotu.

Předem je třeba říci, že výrobce lisu, tedy i potenciální dodavatel náhradních dílů, firma Pini+Kay Wien, zanikla. Tudíž nelze díly objednat a je nutno je na zakázku nechat zhotovit. Vzhledem k tomu, že firma Hála Wood Group s.r.o. zakoupila stroj již jako použitý bez náhradních šneků a matric, nebylo tedy možné udělat jakýkoli metalografický rozbor na určení materiálů. Je rovněž nutno podotknout, že z dostupných informací o výrobcích briket v ČR není žádný jiný, který by provozoval stroj stejného výrobce.

Pro vlastní experimenty byly vytipovány tyto druhy šneků:

Výrobce		BOCO 1	BOCO 2	ZUMR	VUHZ	KDYNIUM
Materiál		1.3343	1.8550	14220	1.8550	1.7035
Technologie výroby	soustružení	X	X	X	X	X
	odlévání					X
Povrchová úprava	kalení	X				
	nitridování		X			
	navážení			X		X
	povlakování				X	

Varianty uvedené v tabulce byly dále testovány v reálném provozu s níže uvedenými výsledky, poznatky a závěry.

3.1. Vlastní experiment

3.1.1. Šneky od firmy Boco.

Na základě pozitivních referencí byla navázána spolupráce s firmou Boco Pardubice Machines s.r.o., která se zabývá výrobou šneků především pro plastikářský průmysl. Tato firma má ve svém oboru více jak 20 - ti letou zkušenost a má ve svém portfoliu několik druhů výroby pro různé aplikace.

3.1.1.1. Šneky kalené

Jako první byla vyzkoušena na doporučení firmy Boco výroba šneků kalených, které se vyrábějí z materiálu 1.3343. Jedná se nástrojovou rychlořeznou ocel se zvýšenou houževnatostí a snadnější obrobiteľností při broušení, avšak oproti jiným je náchylnější k nauhličení. Dále má zhoršenou tvárnost za tepla. Je vhodná k povlakování např. nitridem titanu. Používá se na nástroje pro práci za studena a pro značně namáhané nástroje k obrábění materiálů se střední a vyšší přesností (např. frézy, vrtáky, výstružníky, obrážecí nože atd.). V zušlechtěném stavu dosahuje 62 – 64 HRC. [9] [10]

Oblast použití kalených šneků udává výrobce náročné procesy, kde se zpracovávají plastové materiály vysoce plněné abrazivy jako je např. více jak 15% skelných vláken apod., dále pak materiály způsobující korozi. Povrchová úprava probíhá kalením nebo povrchovým laserovým kalením.

Z důvodu použití pro abrazivní materiály, což dřevěné piliny bezesporu jsou, byl zvolen celokalený šnek. Ten se bohužel neosvědčil, neboť po vyrobení přibližně 3,5 – 4 tunách briket došlo k odlomení části prvního závitu na prakticky o jednu třetinu. Vzhledem ke špatné svařitelnosti byla vyloučena možnost opravy. Respektive pokus o navaření proběhl, ale bezúspěšně. Při zkoušce došlo opět k odlomení v místě spoje. Možností posunout šnekovou soustavu vpřed se částečně zvedla živostnost. Toto se však nechalo opakovat pouze dvakrát nebo třikrát. Ve výsledku pak ani tržby briket nepokryly náklady na šnek.

3.1.1.2 Šneky pancéřované

Po neúspěchu s kaleným šnekem byla zkoušena varianta šneku pancéřovaného opět s firmou Boco. Jako materiál byla doporučena nitridační ocel 1.8550. Jedná se o středně legovanou ušlechtilou chrom – hliník - niklová ocel určenou k nitridování. Hlavním užitím této oceli jsou strojní díly určené k nitridaci. Vyznačuje se vyšší pevností a houževnatostí ve stavu po zušlechtění. Vysoká prokalitelnost dovoluje ocel použít i na rozměrnější strojní díly. Nitridovaná vrstva dosahuje tvrdosti až 1000 HV, je vysoce odolná proti opotřebení a korozi v méně agresivních prostředích. Nitridací se též dociluje zvýšení meze únavy povrchové vrstvy při střídavém namáhání. Ocel je též vhodná k výrobě forem s nitridovaným povrchem pro lisování plastických hmot. [11] [12]



Obr. 20 Způsoby nitridování šneků[38]

Jak je zřejmé z obrázku, výrobce udává tloušťku nitridované vrstvy 1,5 až 2,5mm. Byla vybrána varianta s nitridováním obvodu a čela závitů.

Tento druh šneku vydržel pouze 8 hodin, což odpovídá 3-4 tunám briket. Vzhledem k tomu, že první závit byl zeslaben přibližně na polovinu, byl po demontáži navařen návarovou elektrodou ESAB ok 84.84. [15] Poté byl opět namontován do stroje a odpravoval další směnu. Po rozebrání byla zaznamenána drážka na patě šneku prvního závitu. Oprava proběhla opět navařením, po které šnek vydržel opět přibližně směnu (4tuny), než se opotřeboval návar. Po několika dalších návarech však již docházelo k ulamování předního závitu, výjimečně i k ulomení špičky.

3.1.1.3 Vyhodnocení spolupráce

Vzhledem k velmi vysoké pořizovací ceně šneků a nenaplnění očekávání spojené s životností byla firma nucena hledat jiné alternativní řešení, jak docílit zvýšení životnosti šneků a tím následné snížení výrobních nákladů.

3.1.2. Šneky povlakované od firmy VUHZ

Cílem je vytvoření šneku (nástroje) s co možná největší trvanlivostí, popř. životností. Proto je nutné vzít v úvahu i moderní způsoby ochrany povrchu materiálu, mezi které se nepochybně řadí i metoda deponování povrchu tenkými povlaky.

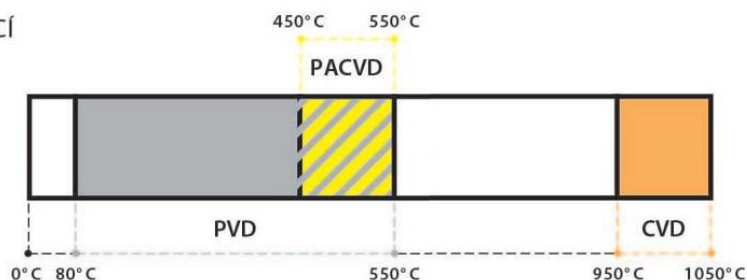
Po průzkumu možných dodavatelů byla vybrána firma VUHZ a.s., která má ve svém portfoliu služeb deponování všemi třemi základními technologiemi, tedy PVD, CVD a PACVD

3.1.2.1 Výběr metody depozice a druhu povlaku

Na základě výměny informací o požadavcích na výsledný povrch byla doporučena vrstva TiNC pomocí technologie CVD na nitridační ocel. Byla vybrána opět ocel 1.8550, jejíž vlastnosti byly popsány výše. Vzhledem ke konečným požadovaným konečným drsnostem a konečným rozměrovým tolerancím bude možné CVD technologii aplikovat. Životnost šneků by dle výrobce měla být násobně vyšší než v aplikacích předchozích, tedy šneků povrchově kalených nebo nitridovaných. S ohledem na tabulku níže (obr. 21) se jedná o povlak CVD HARD. [11]

Povlak	Mikrotvrdost HV 0,025	Tloušťka (μm)	Koeficient tření	Povlakovací teplota (°C)	Pracovní teplota (°C)	Barva	Technologie	Typ
GOLDCOMP	3000	2 - 3	0,3	520	500	žlutá	PACVD	TiCN
NANOCOMP	2500 - 3200	2 - 3	0,4 - 0,5	520	800	žlutošedá	PACVD	TiB ₂
NANOCOMP ULTRA	3200 - 4400	1 - 3	0,5	520	750	ocelově šedá	PACVD	TiBC
BORCOMP	3000 - 3400	2 - 4	0,4 - 0,5	do 600	800	šedá	PACVD	TiBN
CVD HARD	4500	1 - 10	0,5 - 0,6	1000	600	zlatá	CVD	TiCN

POVLAKOVACÍ
TEPLOTY



AKTUÁLNÍ NABÍDKA POVLAKŮ

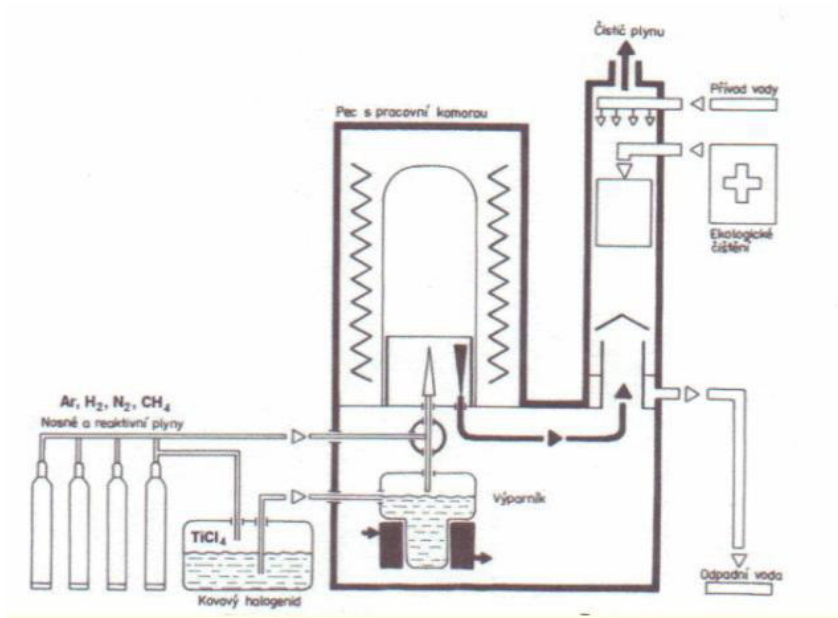


Obr.21 Aktuální povlaky firmy VUHZ [39]

Povlakování CVD (Chemical Vapour Deposition)

Chemická metoda depozice vrstev CVD využívá pro depozici vysoce nahřátou směs (až 1100°C) chemicky reaktivních plynů (např. CH₄, C₂H₂, apod.). Reakční složky jsou přiváděny v plynné fázi a vysoká teplota způsobuje disociaci molekul a podporuje vzájemnou chemickou reakci složek atmosféry. Vrstva vzniká na povrchu substrátu má tloušťku v rozmezí 8 - 10 μm. Výhodou metody je, že se povlak dostane i do hůře přístupných míst pokud se jedná o tvarově složitější

součásti. Za nevýhodu lze považovat ovlivnění substrátu vlivem vysokých teplot. Vytvořený povlak je homogenní s konstantní tloušťkou po celém povrchu součásti.[13]



Obr.22 Schéma povlakovacího CVD zařízení [30]

3.1.2.2. Testování vrstvy CVD HARD s vyhodnocení spolupráce s VUHZ

Firmou VUHZ byly zhotoveny šneky dle nabídky v počtu 5 ks, což bylo minimální množství potřebné k objednání. Následně byly dodány k odzkoušení. Po 4 hodinách byl provoz lisu s testovaným vzorkem cíleně přerušeno, aby došlo k průběžnému zhodnocení stavu nástroje. Po rozebrání stroje zjištěno, že zlatý deponovaný povlak ze špičky nástroje a prvního a částečně i druhého je pryč. Toto se opakovalo u všech pěti kusů. Šneky byly ponechány ve výrobě a opravovány pomocí navařování. To však mělo pouze omezený cyklus, neboť nitridační ocel výše uvedená po určitém počtu navaření zkřehla a docházelo z ulamování závitů, popř. i celých špiček.

Spolupráce tedy byla i vzhledem k velmi vysoké ceně nástrojů ukončena a vyhodnocena jako nepřínosná. Otázkou dodnes stále zůstává, zda šnek pracuje při vyšší teplotě než je 600 °C, což je deklarovaná maximální teplota vrstvy CVD HARD nebo byla vrstva nadeponována nekvalitně.

3.1.3. Cementační ocel a renovace

Vzhledem k neúspěchu i finanční náročnosti u výše uvedených postupů bylo ze strany firmy Hála Wood Group s.r.o. hledáno jiné řešení, které by nebylo tak nákladné i přes častější nutnost renovace.

3.1.3.1 Výroba šneku na CNC s následnou cementací

Šnek byl vyroben firmou ZUMR z oceli 14220 a následně cementován ve firmě Okula Nýrsko. Výsledná hodnota byla změřena na 62HRc. Výrobní cena byla o mnoho nižší a opotřebením bylo nepatrně vyšší než v předchozích případech. Ocel 14220 je ušlechtilá konstrukční ocel vhodná právě k cementování, tvářitelná za tepla, po žihání na měkko i za studena, je dobře obrobitelná a svařitelná. Používá se na strojní součásti určené k zušlechťení, k cementování jako jsou například hřídele, ozubená kola, pístní čepy či zubové spojky. [14]

Právě dobrá svařitelnost je základem pro renovaci šneků pomocí návarů, která se po předchozích neúspěších jevila jako jediná možná.

Renovace probíhala navařením návarové elektrody o firmy ESAB ok 84.84. [15], která dosahuje tvrdosti 68HRc* používá se jako ochrana částí podléhajících abrazivnímu opotřebením, jako jsou například zemní vrtáky, rypadla, zuby a břity lžic zemních strojů a další. Toto se jevílo jako dobré řešení, neboť po návarech nedochází ke křehnutí materiálu a následnému odlamování závitů, čímž se zvyšuje životnost nástroje.

3.1.3.2. Předlité šneky pomocí přesného lití s nutností soustružit.

Bylo zjištěno, že sklon šroubovice o 5° není nutný, rovněž geometrické tolerance nemusí být v tak přesných mezích. Tím je docíleno dalšího snížení ceny nástroje.

Momentálně je šnek vyráběn předlitím pomocí přesného lití metodou vytavitelného modelu firmou Kdynium Kdyně na základě lukoprenové formy. Šnek odpovídá tvaru formy viz. obrázek níže a je nutno ho ještě doobrobit soustružením. Jedná se však pouze o špičku, patu a povrch závitů, takže dokončovací proces netrvá dlouhou dobu a lze ho jednoduše provést na univerzálním hrotovém soustruhu.



Obr. 23 Lukoprenová forma [40]

Odlévá se z oceli 3Cr30, což je přibližně ekvivalent 1.7035. Jedná se nízkolegovanou ušlechtilou chromovou ocel k zušlechťování. Její použití je vhodné pro středně namáhané strojní díly. Po zakalení dosahuje tvrdosti 53 až 57 HRc. V zušlechtěném stavu se vyznačuje dobrou odolností proti opotřebení a vyšší prokalitelností. Při pomalém ochlazování z teploty popouštění je náchylná k popouštěcí křehkosti. Proto se doporučuje z popouštěcí teploty ochlazovat v oleji nebo ve vodě. [16]

Zkoumáním se došlo k závěru, že takto vyrobený šnek je schopen vytvořit kvalitní briketu i tehdy, je-li materiál nepatrně vlhčí a nehomogenní, tedy obsahuje-li větší procento hoblin. Je nutné ho však ještě opatřit abrazivní vrstvou pomocí návaru či nanesením žárového prášku s následným spájením.



Obr.24 Opracovaný odlitek [41]

3.1.3.3. Dokončený předlitý šnek a návarová elektroda

Dokončený šnek se již nijak povrchově neupravuje jako celek, tedy ani nenitriduje ani necementuje. Vloží se do stroje a nechá se hodinu až dvě pracovat, čímž se částečně opotřebí do přijatelného stavu. Následně je demontován a opatřen návarem elektrodou ok 84.84 od firmy ESAB, která se ukázala jako neoptimálnější. Její vlastnosti a oblast použití byly uvedeny výše.

Trvanlivost primárního závitu byla zjištěna přibližně na 3-4 tuny briket, na špičce 20-30 tun bez nutnosti jakéhokoli tepelného či chemicko-tepelného zpracování.


Vzhledem k tomu, že se elektroda dobře pojí s materiálem odlitku a nedocházelo již ke zvýšení křehnutí a následné lámavosti, je šnek v podstatě mnohonásobně opravitelný, což je výhodné provádět do chvíle, kdy se opotřebí i další závity neopatřené návarem (100 tun a více). Pak už je vhodné šnek vyměnit za nový.

3.1.3.4. Dokončený předlitý šnek a spolupráce s firmou Eutectic Castolin

Vzhledem k neustálému hledání zvýšení životnosti nástroje byla navázána spolupráce s firmou Eutectic Castolin specializující se na návarové abrazivní materiály. Bylo odzkoušeno několik produktů této firmy jako je například drát do svařovacích poloautomatů, trubičkový drát s karbidovými vlákny nanášený pomocí acetylen-kyslíkového plamene. U zde zmíněných je však

nutnost přebroušení návaru a to je vzhledem k vysoké tvrdosti a přítomnosti karbidových látek poměrně náročné.

Proto se nejvíce osvědčilo nanesení wolfram karbidového prášku pomocí acetylen-kyslíkového plamene, který se již nemusí brousit a jehož hodnota dle výrobce dosahuje až 850 HV**. Šnek se v místě nástřiku prakticky neopotřebovává a je schopen vyrobít až 60 tun briket. Nevýhodou je, že se prášek obtížně nanáší a špatně se dostává do koutů. [17]

	Ni-Cr-B-Si-Fe alloy and tungsten carbide	For smooth coatings and parts subject to severe abrasion such as agriculture parts, centrifugal screws.	~850 HV30 60% tungsten carbides. Excellent abrasion resistance even by fine particles.
---	--	---	--

Obr.25 Hodnoty prášku eutalloy [42]

3.1.4. Deponování povlaky PVD

PVD, neboli fyzikální napařování, metoda je charakteristická nízkými pracovními teplotami pod 500 °C, díky čemuž odpadá tepelné ovlivnění nástroje. PVD povlaky jsou vytvářeny za sníženého tlaku 0,1 - 1,0 Pa kondenzací atomů. Ty jsou uvolněny ze zdroje částic (terčů) fyzikálními metodami, které se dělí na rozprašování, odpařování nebo ohřev odporem. Uvolněné částice jsou ionizovány a reagují s atmosférou komory a záporným předpětím jsou urychleny směrem k povrchu substrátu, kde se usadí ve formě tenké vrstvy homogenního povlaku 1-5 μm.[10].

K nevýhodám všech metod PVD patří relativně složitý vakuový systém a požadavek pohybovat deponovanými součástmi.

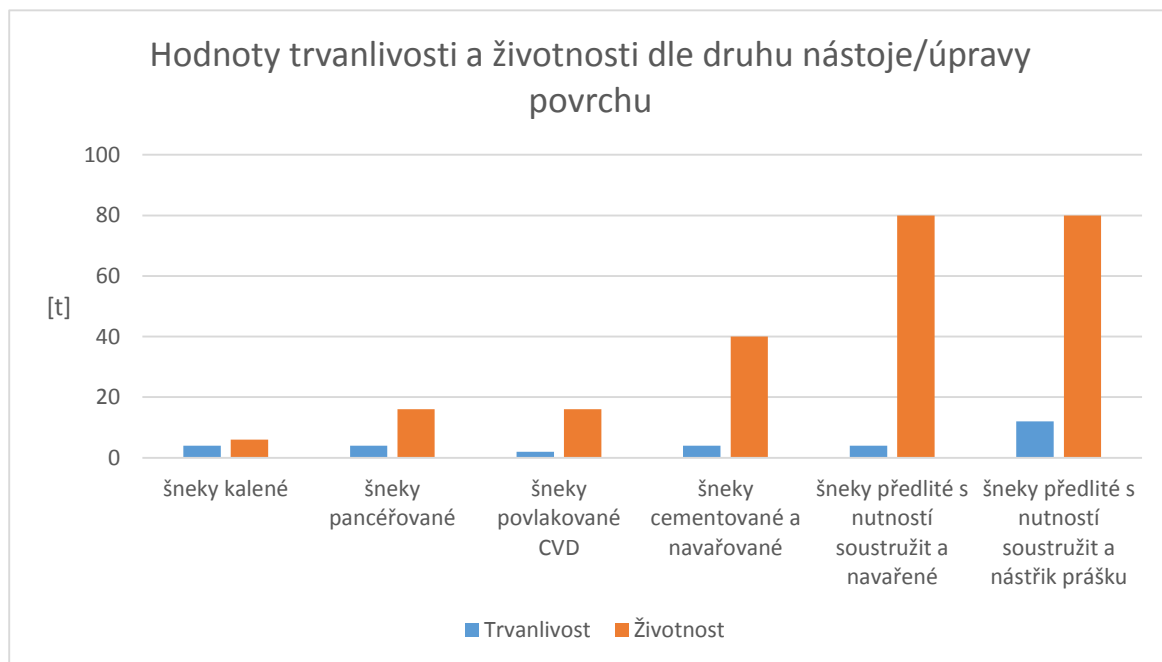
Výhody metody PVD jsou tepelná odolnost až 800°C, odolnost proti korozi a abrazi, nižší teplota depozice a pokles třecího odporu, což by v našem případě mohlo vést ke snížení spotřeby elektrické energie. [18]

Metoda deponování pomocí technologie PVD nebyla doposud realizována, tudíž jí nelze zahrnout do zhodnocení výsledků.

4. Zhodnocení výsledků experimentu.

Pro grafické zhodnocení výsledků poslouží nejlépe přiložená tabulka s grafem, ve které jsou uvedeny parametry trvanlivosti a životnosti pro jednotlivé typy aplikací.

druh materiálu nebo ochrany povrchu	trvanlivost [t]	životnost [t]
šneky kalené	4	6
šneky pancéřované	4	16
šneky povlakované CVD	2	16
šneky cementované a navařované	4	40
šneky předlité s nutností soustružit a navařené	4	80
šneky předlité s nutností soustružit a nástřik prášku	12	80



První způsoby výroby, tedy spolupráce s firmami BOCO a VUHZ, se projeví jako nevhodné, neboť jimi dodané nástroje nedosahovaly očekávaných parametrů a vzhledem k pořizovací ceně a nemožnosti opravy šneku byly pro firmu z ekonomického hlediska spíše ztrátou než přínosem.

Bylo tedy hledáno jiné přijatelné řešení, které nabídla ocel s dobrou svařitelností a možností opravy. Zde se jednalo o ocel 14220 a navařování elektrodou ok 84.84. To vzhledem k nižší pořizovací ceně vedlo i přes nutnost demontáže a opravu návarem konečně k ziskovosti výroby.

Po navázání spolupráce s firmou Kdynium a úpravě závitu šneku kvůli výrobě formy došlo k testování prvních vzorků. Ty se z hlediska provozu projeví jako schopnější překlenout drobné výkyvy ve vlhkosti a nesourodost materiálu, které se při výrobě mohou vyskytovat. Z ekonomického hlediska se odlitky jeví jako neoptimálnější varianta i přes nutnost obrobení špičky a paty šneku.

V posledním kroku po optimalizaci tvaru šneku a vhodném výběru materiálu zbývalo jen vyřešit kritická místa na šneku, tedy první tlačný závit a špička. To se podařilo díky navázání spolupráce s firmou Eutectic Castolin, která má s nanášením abrazivních vrstev více mnohaleté zkušenosti. Nejvíce se osvědčil nástřík wolfram karbidového prášku pomocí acetylen-kyslíkového plamene. Toto opatření zvýšilo životnost šneku až na 80 tun, což zajistilo rentabilitu výroby.

Jako poslední by firma ráda vyzkoušela povlakování pomocí metody PVD. Ideální životnost šneku a primární matrice leží někde u hranice 100 tun bez nutnosti jakékoli repase. Jedná se však jen o hrubý odhad. Pro přesnější stanovení hranice by bylo nutno hlubší ekonomické rozvahy.

5. Závěr.

Předložená bakalářská práce řeší optimalizaci primárního lisovacího šneku na výrobu briket. Životnost nástroje je velmi důležitý faktor ovlivňující bezproblémový chod celého lisovacího zařízení. K poruše šneku může dojít náhle například odlomením části tlačného závitu nebo pozvolna opotřebením a ztenčením prvního závitu nebo špičky nástroje. Obojí však vede ke ztrátě lisovacího tlaku a zastavení lisu.

Úkolem tak bylo najít vhodný materiál a jeho povrchovou úpravu tak, aby bylo dosaženo co možná nejvyšší životnosti s přihlédnutím k výsledné ceně nástroje. Bylo zvoleno řešení pomocí přesného odlévání šneků metodou vytavitelného voskového modelu s následným dokončením soustružením a opatřením povlaků firmy Castolin.

Důležitou roli hrála i optimalizace šroubovice šneku, ke které se došlo víceméně náhodou, kdy technologie odlévání neumožňuje šroubovici skloněnou o 5°. To vedlo k poznání, že nejdůležitější je lisovací mezera mezi prvním závitem primárního šneku a primární kuželovou maticí. Odstranilo se tak to, že některé podsoustružené šneky i při dodržení správného nastavení šneku vůči matici a použití kvalitního lisovacího materiálu nebyly schopné provozu.

V současnosti se jeví použití nástřiku wolfram karbidů jako dostačující, leč pokud by se osvědčila aplikace nanovrstvy pomocí PVD metody a opět by se zvýšila životnost bez nutnosti repase šneků, mohla by to být velmi zajímavá varianta.

Seznam zdrojů:

- [1] STUPAVSKÝ, Vladimír, HOLÝ, Tomáš: Brikety z biomasy - dřevěné, rostlinné, směsné brikety. *Biom.cz* [online]. 2010-01-01 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/brikety-z-biomasy-drevene-rostlinne-smesne-brikety>>. ISSN: 1801-2655
- [2] Technologie briketování - co je potřeba znát. *Biom.cz* [online]. 2013 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/zpravy-z-tisku/technologie-briketovani-co-je-potreba-znat>
- [3] PLÍŠTIL, David, HUTLA, Petr, ROY, Amitava: Briketování odpadů z dendromasy a zjištění mechanických parametrů briket. *Biom.cz* [online]. 2005-02-14 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/index.shtml?x=223025>>. ISSN: 1801-2655
- [4] KRAUS, Václav. *Tepelné zpracování a slinování*. 3. vydání. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, Vydavatelství, 2013. ISBN 978-80-261-0260-1.
- [5] KOVAŘÍK, Václav. *Vliv povlakování na životnost šneku VS* [online]. Zlín, 2011 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/18274/kova%C5%99%C3%ADk_2011_bp.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [6] Čada, Z. *Strojírenská technologie II*. ,první vydání, Praha 2000, IBSN 80-86065-10-3
- [7] Svařování. [Http://ust.fme.vutbr.cz/](http://ust.fme.vutbr.cz/) [online]. [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/opory_soubory/technologie_vyroby_i__svarovani__kubicek.pdf
- [8] Svařování plamenem. [Http://mechmes.websnadno.cz/](http://mechmes.websnadno.cz/) [online]. [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: http://mechmes.websnadno.cz/dokumenty/pri-t2-08_svarovaniplamenem.pdf
- [9] Materiál 1.3343. [Http://jkz.jb-webshare.com/](http://jkz.jb-webshare.com/) [online]. [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <http://jkz.jb-webshare.com/cs/printpdf/produkty/nastrojova-ocel-13343>
- [10] Kalené šneky. [Http://www.boco.cz/](http://www.boco.cz/) [online]. [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <http://www.boco.cz/cs/produkty/divize-sneky-a-komory/vyroba-sneku-a-komor/sneky/kalene/>
- [11] Přehled vlastností oceli 34CrAlNi7-10. [Http://www.bolzano.cz](http://www.bolzano.cz) [online]. [cit. 2017-05-20].

- [12] Pancéřované šneky. *Http://www.boco.cz/* [online]. [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <http://www.boco.cz/cs/produkty/divize-sneky-a-komory/vyroba-sneku-a-komor/sneky/pancerov>
- [13] Druhy povlaku. *Http://www.vuhz.cz/* [online]. [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <http://www.vuhz.cz/pages/cs/zamereni-firmy/s2/povlaky-pvd-pacvd-a-cvd/druhy-povlaku.php/pages/cs/zamereni-firmy/s2/povlaky-pvd-pacvd-a-cvd/druhy-povlaku.php>
- [13] Žárový nástřik s následným spájením. *Castolin Eutectic* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <https://www.castolin.com/cs-CZ/our-technologies>
- [14] Konstrukční ocel 14220. *Http://www.tprom.cz/* [online]. [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <http://www.tprom.cz/wiki/ocel/14220>
- [15] OK 84.84. *Http://www.maister.cz/* [online]. [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <http://www.maister.cz/Svarovani/Svarovaci-materialy/Elektrody/Navarove-opravy-a-renovace/OK-84-84-OK-Wearrode-62-30K0A-navary-8484-Svarovaci-elektroda.html>
- [16] Přehled vlastností oceli 41Cr4 (41CrS4). *Http://www.bolzano.cz/* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: http://www.bolzano.cz/assets/files/TP/MOP_%20Tycova_ocel/EN_10083/MOP_vlastnosti_41Cr4.pdf
- [17] Eutalloy® RW 12497. *Https://www.castolin.com/* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <https://www.castolin.com/cs-CZ/product/eutalloy-rw-12497>
- [18] PVD based processes. *Https://www.oerlikon.com* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <https://www.oerlikon.com/balzers/com/en/portfolio/surface-technologies/pvd-processes/>
- [19] Bubnová sušárna. In: *Http://www.brikliis.cz/* [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://www.brikliis.cz/susarny-linky/susarny-pilin/>
- [20] Briketovací lis. In: *Http://www.biomac.cz/* [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://www.biomac.cz/publicdoc/briketovaci-lis.jpg>
- [21] Briketovací lisy. In: *Http://www.cronimo.cz/* [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://www.cronimo.cz/briketovaci-lisy>

- [22] ORGANISCHE MATERIALIEN. In: [Http://www.brikkettieren.de/](http://www.brikkettieren.de/) [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://www.brikkettieren.de/brikkettiersysteme/holz-biomasse/>
- [27] Barvy a teploty ocelí. In: [Https://www.svarbazar.cz/](https://www.svarbazar.cz/) [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <https://www.svarbazar.cz/phprs/view.php?cisloclanku=2008091502>
- [30] Rozdíl mezi PVD a CVD metodou. In: [Http://docplayer.cz/](http://docplayer.cz/) [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/19428998-Povlakovani-striznych-nastroju-ze-slinutych-karbidu.html>
- [31] Depoziční technologie. In: [Http://digilib.k.utb.cz/](http://digilib.k.utb.cz/) [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/18274/kova%C5%99%C3%ADk_2011_bp.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [32] M.M.A. In: [Http://www.toolscomp.cz/](http://www.toolscomp.cz/) [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://www.toolscomp.cz/technologie/pohled-do-technologie-svarovani-mma/>
- [33] Postup M.M.A. In: [Https://www.castolin.com/](https://www.castolin.com/) [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <https://www.castolin.com/cs-CZ/our-technologies>
- [34] MIG MAG svařování. In: [Http://docplayer.cz/](http://docplayer.cz/) [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/21783628-Problematika-svarovani-soucasti-komora-lisu.html>
- [35] Poloautomatické sváření v ochranné atmosféře (EnDOtec® a CastoMag®). In: [Https://www.castolin.com/](https://www.castolin.com/) [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <https://www.castolin.com/cs-CZ/our-technologies>
- [36] Autogen - plamenové svařování, kyslíko-acetylenové svařování. In: [Http://www.schinkmann.cz/](http://www.schinkmann.cz/) [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://www.schinkmann.cz/autogen-plamenove-svarovani>
- [37] Žárový nástřík s následným spájením (Eutalloy). In: [Https://www.castolin.com/](https://www.castolin.com/) [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <https://www.castolin.com/cs-CZ/our-technologies>
- [38] Pancéřované šneky. In: [Http://www.boco.cz/](http://www.boco.cz/) [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://www.boco.cz/cs/produkty/divize-sneky-a-komory/vyroba-sneku-a-komor/sneky/pancerovane/>

[39] Druhy povlaků. In: *Http://www.vuhz.cz/* [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: http://www.vuhz.cz/media/prospekty_12_14/prospekt_povlakovna_brozura-druhy%20povlaku.pdf

[42]Eutalloy. In: *Https://www.castolin.com/* [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <https://www.castolin.com/cs-CZ/product/eutalloy-rw-12999>

[22],[23],[24],[25],[26],[28],[29],[40],[41] vlastní dokumentace

Seznam zkratek a symbolů:

HRc = tvrdost materiálu podle Rockwella

HV = tvrdost materiálu podle Vickerse

MAG = metal activ gas

MIG = metal inert gas

°C = stupeň Celsia

μm = mikrometr

CVD =Chemical Vapour Deposition

PVD =Physical Vapour Deposition