

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

ZAVEDENÍ A OPTIMALIZACE LINKY PRO VÝROBU BIMETALICKÝCH KOMOR DO VSTŘIKOVACÍCH LISŮ

**INTRODUCTION AND OPTIMIZATION OF A LINE FOR BIMETALLIC BARRELS FOR
INJECTION MACHINES**

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. LUMÍR ELIÁŠ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAROMÍR HOLBA

BRNO 2008

Vložit zadání v elektronické formě 1 strana (scan)

Vložit zadání v elektronické formě 2 strana (scan)

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá objasněním a efektivním řešením počátečních problémů při zavádění zcela rozdílného typu výrobní linky v dosavadním provozu. Práce je založena na identifikaci a eliminaci nepříznivých jevů při chodu nově zavedené výrobní linky pro výrobu bimetalických komor, aby jejich výroba byla ekonomická, efektivní a odpovídala stanoveným standardům a požadavkům zákazníka.

Klíčová slova

Bimetalické válce, zpracování plastů, vstřikovací lis, tavící komora, optimalizace linky.

ABSTRACT

The Diploma Thesis deals with the explanation and the effective solution of the initial problems during a production line implementation of different type in the existing process. In order to make the production economical effective and correspondent with decided standards and customer requirements, the thesis is based on the identification and elimination of abnormal phenomenon by new production line implementation for bimetallic barrels.

Key words

Bimetallic barrels, plastic processing, injection machine, melting chamber, line optimization.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ELIÁŠ, L. *Zavedení a optimalizace linky pro výrobu bimetalických komor do vstřikovacích lisů: Diplomová práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 65 s., příloh 2. Vedoucí diplomové práce Ing. Jaromír Holba.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Zavedení a optimalizace linky pro výrobu bimetalických komor do vstřikovacích lisů, vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum: 22.5.2008

.....
Bc. Lumír Eliáš

Poděkování

Děkuji tímto svému vedoucímu diplomové práce Ing. Jaromíru Holbovi a také Ing. Petře Cihlářové, PhD., jakožto garantovi mé diplomové práce, za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce.

Rovněž děkuji firmě Bernex Bimetallic s.r.o., za umožnění a poskytnutí veškerých potřeb týkajících se vypracování této diplomové práce.

OBSAH

Abstrakt	4
Prohlášení.....	5
Poděkování.....	6
Obsah	7
Úvod	9
1 Bimetalické komory	10
1.1 Historie.....	10
1.2 Typy válců	10
2 Technologie zpracování plastů.....	13
3 Princip vstřikování plastů.....	14
3.1 Postup vstřikování.....	14
3.1.1 Vstřikovací cyklus.....	15
3.1.2 Doba vstřikování.....	16
3.1.3 Doba plastikace	17
3.1.4 Doba chlazení	17
3.2 Faktory ovlivňující vlastnosti a kvalitu výstřiku	18
3.3 Vstřikovací stroje.....	19
3.3.1 Vstřikovací jednotka.....	20
3.3.2 Pistové vstřikovací jednotky kontra šnekové jednotky	20
3.3.3 Tavicí komora	22
4 Vytlačování plastů.....	23
4.1 Vytlačování trubek a profilů	23
4.2 Výroba fólií a desek vytlačováním.....	25
4.2.1 Výroba fólií.....	25
4.2.2 Výroba desek	26
4.3 Speciální způsoby vytlačování.....	27
4.3.1 Výroba pásků a vláken z fólií.....	27
4.3.2 Výroba vláken vytlačováním.....	27
4.3.3 Opláštění vytlačováním	28
4.3.4 Tvorba povlaků vytlačováním.....	29

4.3.5 Granulace vytlačováním.....	29
4.4 Šnekové vytlačovací stroje.....	30
5 Technologie výroby barelů	32
6 Identifikace problémů na technologických pracovištích	45
6.1 Tvar a rozměr zápichu	45
6.2 Snižování produktivity se stoupající teplotou při honování	45
6.3 Upíchnutí naneseného kovu	46
6.4 Oštípání naneseného kovu	46
7 Řešení problémů a optimalizace jednotlivých fází výroby	47
7.1 Tvar a rozměr zápichu	47
7.2 Snižování produktivity se stoupající teplotou při honování	50
7.3 Upíchnutí naneseného kovu	53
7.4 Oštípání naneseného kovu	56
7.5 Zhodnocení návrhů.....	59
Závěr	60
Seznam použitých zdrojů	62
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	64
Seznam příloh.....	65

ÚVOD

Tato diplomová práce vznikla pod záštitou silné společnosti jménem Bernex se sídlem v Oltenu, která již více než 40 let vyrábí šneky a bimetalické komory pro plastikářský průmysl. V současné době toto jméno představuje společnost Bernex s firmami ve Švýcarsku, Česku a Itálii, tedy společnost, která patří k předním výrobcům šneků, komor a plastikářských jednotek.

Společnost Bernex vyrábí šneky ve všech variantách od základního materiálu až po finální produkt. Švýcarská kvalita, italská flexibilita a česká strojírenská tradice. Společnost nenabízí pouze produkty, lze od ní očekávat i poradenství, které vede k optimalizaci výrobních procesů. Ke zhotovování jejich profilů využívá veškerých dostupných moderních technologií, jako jsou: okružování, frézování, vysokorychlostní frézování a broušení.

Bernex patří k předním výrobcům bimetalických komor. Jejich výrobní zařízení jsou optimálně vybavena k nanášení bimetalické vrstvy a opracování rozměrných a komplexních komor. Všechna provedení jsou možná jako jedno či dvojkomory.

Jejich výroba profituje z četných dalších doplňujících služeb a firemního know-how. Na základě výpočtu metodou konečných prvků (MKP) a mnohaleté praxe jsou schopni provádět nejpřesnější pevnostní výpočty komor do vstřikovacích lisů i lisů vytlačovacích. Důležité také je stanovení a optimální zhotovení kombinace šneku a komory tak, že dojde k významnému prodloužení životnosti plastifikační jednotky. (8)

Tato diplomová práce se zaměřuje na zavedení nové výrobní linky bimetalických (dvojkovových) komor do vstřikovacích lisů. Technologie výroby tohoto produktu není nikterak jednoduchá. Obzvláště, jde-li o nanášení druhého kovu zevnitř vrtané díry válce, metodou odstředivého lití. Pro tento účel byla převezena sem, do České republiky, speciální indukční pec vyvinutá v Itálii. Pro kompletní výrobu těchto bimetalických komor nestačí však pouze tato indukční pec, je dále potřeba další čtyři pracoviště, jako jsou: soustružení, vrtání, chromování a honování.

1 BIMETALICKÉ KOMORY

1.1 Historie

Původní barely pro vytlačovací stroje byly používány na pryž a byly z nitridované oceli nebo ze speciální ocelové slitiny. Jeden z prvních produktů byl HC-250. Byl to jednodílný design s velmi vysokým podílem chrómu. V současné době jsou již nitridované barely převážně minulostí.

Průmyslová výzkumná laboratoř vyvinula první bimetalické barely již v roce 1939. Produkt byl nazván Xaloy 100. Byl odstředivě odlit - měl otěruvzdorný materiál uvnitř a slitinu oceli na povrchu. Tyto bimetalické komory byly původně užívány pro čerpadla na kal traťových lodí na naftových polích.

Průmyslovou výzkumnou laboratoř vlastnila Honolulská ropná společnost a Xaloy byla značka jejich bimetalických válců. V roce 1963 byl obchod s bimetalickými válci prodán a Xaloy se stal divizí mezinárodní firmy Rectifier. Nyní je vlastněn švýcarskou firmou Bernex. Zahraniční výrobci jsou: Brooks Ltd., England; Hitachi Metals Ltd., Japan; Reiloy, Germany; and Friedrich Theysohn GMBH, Germany. (7)

1.2 Typy válců

Nitridované

Obvykle nemají odolnost proti opotřebení tak dobrou jako je tomu u bimetalických válců. Opotřebovávají se více a mají tenčí obal. Nitridované barely mají velice strohou míru strojové opracovatelnosti. Například honování takového materiálu při větších rozměrech není nikterak ekonomicky příznivé. (7)

Bimetalické otěruvzdorné

Wexco 666, New Castle AR-1000, WBC 60, IDM 200 a Xaloy 101 jsou standardně hlavními otěruvzdornými bimetalickými válci. Jsou především užívány pro většinu standardních vytlačovacích nebo vstřikovacích aplikací a mají shodné nebo velmi podobné chemické složení. Jestliže není nijak blíže specifikováno, odkazuje se na bimetalické komory tohoto typu. Zde je uvedeno typické složení tohoto typu: uhlík 4%, nikl 4%, bór 1%, molybden 1% a zbytek tvoří ocel. (7)

Bimetalické korozivzdorné

V základu jsou tyto korozivzdorné bimetalické materiály na bázi nikl / kobalt. Zlepšující chemickou odolnost, avšak na úkor odolnosti proti opotřebení. Druhy nabízených korozivzdorných materiálů nabízených dodavateli: Wexco 555, New Castle CR-3000, WBC 50, IDM 260 and Xaloy 306. Typické složení pro korozi imunní materiály je následující: nikl 40%, chrom 8%, bór 4% a ve zbytku je obsažen důležitý kobalt. Tyto materiály jsou doporučovány pro použití s materiály ničivými jako jsou neohebný PVC, Saran a některé fluorouhlíky. (7)

Bimetalické z tvrdokovu (carbide-type)

S rostoucím užíváním brusných pryskyřic vznikl požadavek po ještě více odolném barelu než je standardní typ ocel / bór. Tato potřeba byla zodpovězena s vývojem materiálů obsahujících karbidy kovu jako karbid wolframu a karbid titanu. Tyto rozptýlené karbidy jsou pozastavené v matici niklu, kobaltu, chromu, bóru nebo nějakých kombinací těchto odolných materiálů. Je to typ bimetalických válců vyráběných firmou Bernex v České republice. Proto se veškerá další činnost této v této práci bude týkat tohoto typu bimetalických válců. Označení pro carbide-type bimetalické materiály je: AC333, A110, ACW800. (9) Počáteční investice do nich je vysoká, ale účelově jsou

mnohokrát lepší. Jsou více korozivzdorné než standardní bimetalické materiály. (7)

CPM-10V

Materiál je vyroben metodou spékaných prášků. Je to asi nejběžněji používané složení při výrobě bimetalických válců. Má výborné vlastnosti a nemá příliš vysokou teplotní roztažnost. Tuto vlastnost využíváme i při samotné výrobě, a to u nanášení druhého kovu v indukční peci. (7)

Ostatní

Nástrojové oceli jako je D-2 jsou příležitostně užívány na kompletní válce i jejich nástavce. Hastelloy C - 276 je používáný v některých případech pro fluórouhlíky, kde je požadována extrémní odolnost proti korozi. U Hastelloye je otěruvzdornost mizivá a mez pevnosti válců by nebyla příliš vhodná. (7)

2 TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ PLASTŮ

Ke zpracování plastů se používá řada technologií. Použitelnost způsobu zpracování plastů je závislá jak na technologických vlastnostech zpracovávaného plastu, tak na tvaru a funkci výrobku, kterou má během své životnosti plnit. Podle vztahu mezi plastem vstupujícím do procesu a plastem z procesu vystupujícím, lze technologie rozdělit do následujících skupin:

tvářecí technologie - zahrnují technologie, při kterých se tvar výchozího materiálu mění zásadním způsobem, tzn. že dochází ke značnému přemístování částic materiálu. Tváření probíhá za působení teploty a tlaku působících většinou současně. Patří sem **vstřikování**, **vytlačování**, lisování, válcování, ale i odlévání, laminování, vypěňování, apod. Výsledkem je konečný dílec případně jeho polotovar.

tvarovací technologie - zahrnují technologie, u kterých se vychází z polotovaru a hmota mění tvar bez velkého přemístování částic. Využívání zvýšené teploty či tlaku není vždy nutnou podmínkou. Patří sem tvarování desek, výroba dutých těles, ohýbání trubek, obrábění plastů, spojování a spékání plastů.

doplňkové technologie - slouží k úpravě vlastností hmoty před zpracováním (míchání a hnětení, sušení, granulace, předeheřev, atd.) a nebo naopak k úpravě finálních výrobků (potiskování, natírání, atd.) a také recyklace.

Plasty se zpracovávají při takových termodynamických podmínkách, které umožňují dodat jim požadovaný tvar, aniž by byly nepříznivě ovlivněny jejich fyzikální nebo mechanické vlastnosti. Čím větší přesuny hmot se požadují, tím musí být teplota vyšší, ale pouze tak, aby se nepřekročila teplota rozkladu. (4, 6)

3 PRINCIP VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ

Vstřikováním se vyrábějí takové výrobky, které mají buď charakter konečného výrobku a nebo jsou polotovary nebo díly pro další zkompletování samostatného celku. Výrobky zhotovené vstřikováním se vyznačují velmi dobrou rozměrovou i tvarovou přesností a vysokou reprodukovatelností mechanických a fyzikálních vlastností. Technologie vstřikování je nejrozšířenější technologií na zpracování plastů, je to proces diskontinuální, cyklický. Vstřikováním lze zpracovávat téměř všechny druhy termoplastů. V omezené míře se vstřikují i některé reaktoplasty a kaučuky.

Vstřikování je způsob tváření plastů, při kterém je dávka zpracovávaného materiálu z pomocné tlakové komory vstříknuta velkou rychlostí do uzavřené dutiny kovové formy, kde ztuhne ve finální výrobek. Tlaková komora je součástí vstřikovacího stroje a zásoba vstřikovaného materiálu se v ní stále doplňuje během cyklu. Výhody vstřikování jsou krátký čas cyklu, schopnost vyrábět složité součásti s dobrými tolerancemi rozměrů a velmi dobrou povrchovou úpravou. Hlavní nevýhodou v porovnání s ostatními metodami zpracování plastů jsou vysoké investiční náklady, dlouhé doby nutné pro výrobu forem a potřeba používat strojní zařízení, které je neúměrně velké v porovnání s vyráběným dílem. (4, 6)

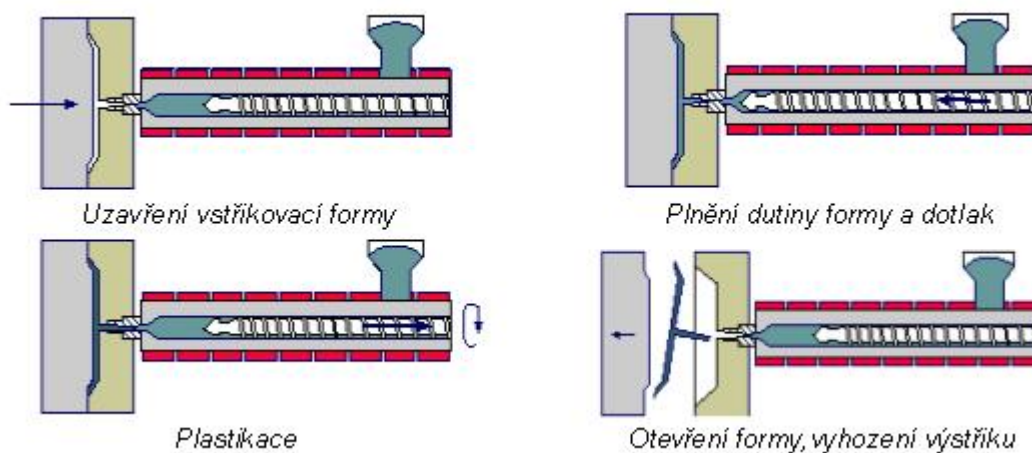
3.1 Postup vstřikování

Plast v podobě granulí je nasypán do násypky, z níž je odebírán pracovní částí vstřikovacího stroje (šnekem, pístem), která hmotu dopravuje do tavící komory, kde za současného účinku tření a topení plast taje a vzniká tavenina. Tavenina je následně vstřikována do dutiny formy, kterou zcela zaplní a zaujme její tvar. Plast předává formě teplo a ochlazením ztuhne ve finální výrobek. Poté se forma otevře, výrobek je z ní vyndán a celý cyklus se opakuje. (4, 6)

3.1.1 Vstřikovací cyklus

Na počátku vstřikovacího cyklu je dutina formy prázdná a forma je otevřená. Stroj dostane impuls k zahájení vstřikovacího cyklu, pohyblivá část formy se přisune k pevné, forma se zavře a uzamkne. Na uzamknutí je nutno vynaložit značně vyšší uzavírací sílu (až třikrát vyšší), neboť musí být zaručeno, že se forma vlivem tlaku taveniny při vstřikování neotevře. Následuje pohyb šneku v tavicí komoře a začíná vlastní vstřikování roztavené hmoty do dutiny vstřikovací formy. V této fázi šnek vykonává pouze axiální pohyb, neotáčí se a vlastně plní funkci pístu. Po naplnění formy je tavenina v dutině ještě stlačena a tlak dosáhne maximální hodnoty.

Jakmile tavenina vstoupí do dutiny formy, ihned začne předávat teplo formě a chladne. Chlazení trvá až do otevření formy a vyjmutí výstřiku. Doba chlazení je závislá na teplotě formy a tloušťce stěny výrobku. Během chlazení se hmota smršťuje a zmenšuje svůj objem, a aby se na výstřiku netvořily propadliny a staženiny, je nutno zmenšování objemu kompenzovat dodatečným dotlačením taveniny do dutiny formy – dotlak. Po dotlaku začíná plastikace nové dávky plastu. Ohřev plastu během plastikace se děje jednak převodem tepla ze stěn válce, tak frikčním teplem, které vzniká třením plastu o stěny komory a o povrch šneku. Po dokonalém zchladnutí výstřiku se forma otevře a výstřik vyhodí z formy. Jednotlivé úseky vstřikovacího cyklu trvají různě dlouho a jsou mimo jiné ovlivněny např. geometrií výstřiku a technologickými podmínkami vstřikování. (3, 6)



Obr. 3.1 Vstříkovací cyklus (6)

3.1.2 Doba vstříkování

Doba plnění dutiny formy se odvíjí od rychlosti vstříkování, tj. od rychlosti pohybu šneku vpřed, která závisí na technologických podmínkách, zejména na teplotě taveniny a na vstříkovacím tlaku. Vliv však má i teplota formy, objem výstřiku, jeho geometrický tvar a druh plastu. U složitých výrobků a u výrobků s vysokými požadavky na kvalitu povrchu a přesnost výroby lze průběh rychlosti vstříkování naprogramovat. Vysoká vstříkovací rychlost má příznivý vliv na orientaci makromolekul, ale je zde nebezpečí přehřátí a degradace materiálu. Doba plnění se pohybuje od zlomku sekundy do několika málo sekund u výstřiků s velkou hmotností. Doba plnění má být co nejkratší, protože vstříkovaná tavenina se stykem s chlazenou formou ochlazuje a ztrácí tekutost, takže při dlouhé době by nezaplnila celou dutinu a vznikl by nedostříknutý zmetek. (4, 6)

3.1.3 Doba plastikace

Doba plastikace je čas, který je potřebný k tomu, aby došlo k zplastikování dávky plastu a k jejímu rovnoměrnému homogenizování. Teplo, potřebné k roztavení jedné dávky, je asi z jedné třetiny dodáváno z elektrického odporového topení a asi ze dvou třetin z tření hmoty při hnětení. (4)

3.1.4 Doba chlazení

Doba chlazení představuje největší část cyklu a pohybuje se od několika sekund u tenkostěnných výstřiků do několika málo minut. Závisí na určující tloušťce stěny výstřiku, na druhu plastu, teplotě taveniny, teplotě formy a na teplotě výstřiku v okamžiku vyjímání z formy. Je snaha ji zkrátit na minimum účinným chlazením formy, zejména těch míst, v nichž hmota chladne nejpomaleji. Chladnutí začíná již během fáze vstřikování a pokračuje během dotlaku. Fáze chladnutí ovlivňuje nejenom strukturu a vnitřní pnutí, ale také kvalitu povrchu, zejména lesk. (3, 6)

3.2 Faktory ovlivňující vlastnosti a kvalitu výstřiku

O mechanických a fyzikálních vlastnostech výstřiku a o jeho kvalitě rozhoduje druh plastu, technologické parametry, konstrukce formy a volba stroje. Jednotlivé parametry nepůsobí samostatně, ale vždy se ovlivňují navzájem. Z hlediska volby **druhu plastu** má na vlastnosti výstřiku vliv:

- rychlost plastikace polymeru (co nejkratší)
- tekutost plastu (nesmí se měnit příliš rychle s teplotou)
- dostatečná tepelná stabilita plastu (co nejširší)
- uvolňování těkavých látek
- velikost vnitřního pnutí (co nejnižší)
- smrštění plastu

Z **technologických** parametrů, které se mezi sebou výrazně ovlivňují, má na vlastnosti výstřiku a jednotlivé fáze vstřikování největší vliv:

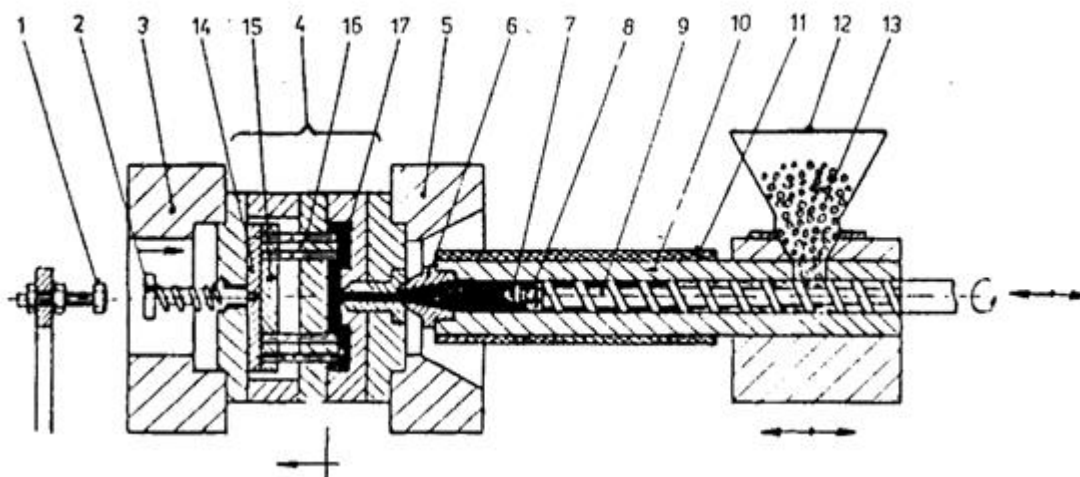
- vstřikovací tlak (ovlivňuje rychlost plnění, uzavírací sílu, vnitřní pnutí, smrštění, orientaci – tj. narovnávání makromolekul do směru toku, atd.)
- teplota taveniny (konkrétní teplota závisí na druhu plastu a ovlivňuje tekutost plastu, vstřikovací tlak, dobu chlazení a tedy dobu cyklu, smrštění, tlakové ztráty, dotlak, atd.)
- teplota formy (konkrétní teplota závisí na druhu plastu a na charakteru výrobku, ovlivňuje tekutost plastu, rychlost plnění, dobu chlazení, lesk výrobku, povrch výrobku, teplotu taveniny, dotlak, vnitřní pnutí, smrštění, atd. – z technologického hlediska má být co nejvyšší)

Rychlost plnění dutiny formy má být co nejvyšší, je však nutné kontrolovat teplotu taveniny, aby nedošlo k degradaci hmoty, nevýhodou je i vysoká orientace makromolekul, výše a doba trvání dotlaku (ovlivňuje hlavně rozměry výrobku, smrštění a vnitřní pnutí). (4, 6)

3.3 Vstřikovací stroje

Vstřikovací proces probíhá na moderních strojích většinou plně automaticky, takže se dosahuje vysoké produktivity práce. Pořizovací cena strojního zařízení i vstřikovací formy je však značně vysoká. Technologie je proto vhodná pro velkosériovou a hromadnou výrobu.

Vstřikovací stroj se skládá ze vstřikovací jednotky, uzavírací jednotky a z řízení a regulace. Schéma vstřikovacího stroje se šnekovou plastikací, viz. obr. 3.2. (4, 6)

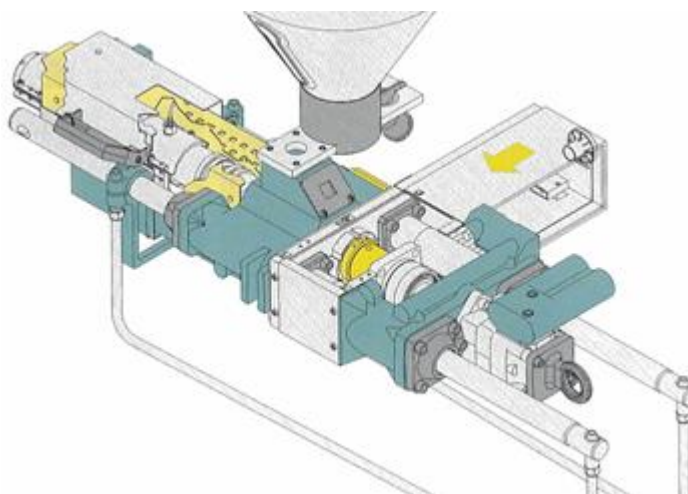


Obr. 3.2 Schéma vstřikovacího stroje se šnekovou plastikací (4)

(1 – doraz, 2 – tyč vyhazovače, 3, 5 – upínací desky, 4 – forma, 6 – vstřikovací tryska, 7 – špiče šneku, 8 – zpětný uzávěr, 9 – šnek, **10 – tavící komora**, 11 – topná tělesa, 12 – násypka, 13 – granule plastu, 14 – deska vyhazovačů, 15 – kotevní deska, 16 – vyhazovače, 17 – výstřik)

3.3.1 Vstřikovací jednotka

Vstřikovací jednotka plní dva hlavní úkoly. Přeměňuje granulát plastu na homogenní taveninu a vstřikuje taveninu vysokou rychlostí a velkým tlakem do dutiny formy. (4, 6)



Obr. 3.3 Schéma vstřikovací jednotky (6)

3.3.2 Pístové vstřikovací jednotky kontra šnekové jednotky

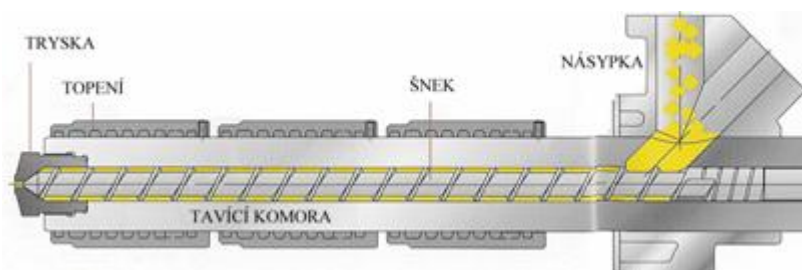
První vstřikovací jednotky, které byly použity pro vstřikování plastů již na konci minulého století, byly jednotky pístové. Jejich princip byl převzat z lití roztavených kovů pod tlakem. Udržely se až do poloviny 20. století, kdy byly postupně zcela vytlačeny jednotkami šnekovými. Dnes se používají jen výjimečně. Význam pístových vstřikovacích jednotek je v současnosti již zanedbatelný. Nynější výroba využívá daleko pokročilejší vstřikovací jednotky se šnekem. Rozdíl obou typů strojů je dán konstrukcí tavicí komory. Jejím úkolem je převést do plastického stavu v co nejkratší době co největší množství hmoty a

zajistit maximální teplotní homogenitu taveniny. Pohyb plastu v komoře je u pístových strojů zajišťován pístem, u šnekových šnekem. Konstrukcí šnekových vstřikovacích strojů byly s úspěchem vyřešeny všechny hlavní nedostatky pístových strojů. (6)

Mezi největší přednosti šnekových strojů patří:

- spolehlivá plastikace a dobrá homogenizace roztaveného plastu
- zabránění přehřívání materiálu v tavicí komoře
- vysoký plastifikační výkon i velký zdvihový objem (velikost výstřiku lze libovolně zvyšovat)
- odstranění potíží čištění komory při výměně materiálu
- zaručené přesné dávkování hmoty
- nízké ztráty tlaku během pohybu hmoty
- vyšší účinnost zásahu do vstřikovacího procesu (např. řízením dotlaku)

U šnekového stroje se při plastikaci šnek otáčí a v hrdle násypky nabírá granulovaný plast, který stlačuje a dopravuje jej do vytápěných částí tavicí komory, kde materiál taje a jako tavenina se hromadí před čelem šneku a šnek během otáčení ustupuje dozadu. Po zplastikování potřebného množství plastu se otáčivý pohyb šneku zastaví a šnek se bez otáčení pohybuje dopředu jako píst a vstřikuje taveninu do dutiny formy. Jelikož plastikace nové dávky plastu může probíhat ještě ve fázi chlazení výstřiku ve formě, je výrobní cyklus kratší oproti pístovým strojům. K dalším přednostem patří jednoduché dávkování, možnost hmotu dodatečně barvit a plnit plnivý nebo přidávat další přísady až při zpracování. (6)



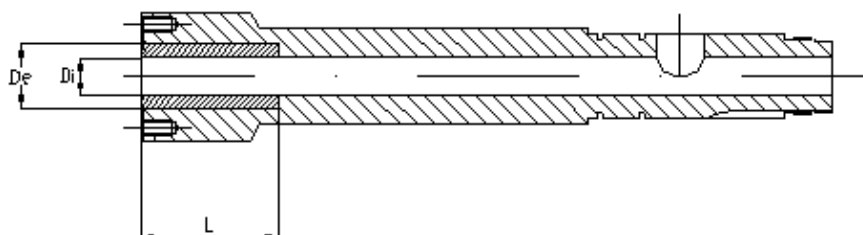
Obr. 3.4 Řez vstřikovací jednotkou (6)

Nejdůležitější částí vstřikovací jednotky je tavicí komora, šnek, tryska a topení.

3.3.3 Tavicí komora

Tavicí komora je pro účely vytápění obvykle rozdělena do tří zón (topných pásem) samostatně vytápěných a se samostatnou regulací teploty, kdy nejnižší teplota se nastavuje v pásmu u násypky a nejvyšší u trysky. Teplota pásma u násypky nesmí být příliš vysoká, aby nedošlo k předčasnému natavení a následnému spečení granulí. To by mělo za následek vytvoření zátky ve šnekovém profilu a tím by se zamezilo přísunu dalšího materiálu do kompresní části šneku. Z toho důvodu se chladí ta část tavicí komory, která přiléhá k násypce.

Tavicí komora je zakončena vstřikovací tryskou. Trysky se konstruují buď jako otevřené s otvorem o průměru 3 mm až 8 mm, nebo jako uzavíratelné, které se otevřou pouze při dosedu vstřikovací jednotky na formu. Tryska zajišťuje spojení mezi komorou a formou, protože přivádí taveninu do vtokových kanálů ve formě. (6)



Obr. 3.5 Řez tavicí komorou (9)

4 VYTLAČOVÁNÍ PLASTŮ

Vytlačování je technologická operace, při které je tavenina plastu kontinuálně vytlačována přes vytlačovací hlavu do volného prostoru. Technologie vytlačování slouží k výrobě buď konečných tvarů nebo k výrobě polotovarů. Podle tvaru konečného výrobku nebo tvaru polotovaru se technologie vytlačování mohou rozdělit do tří základních skupin:

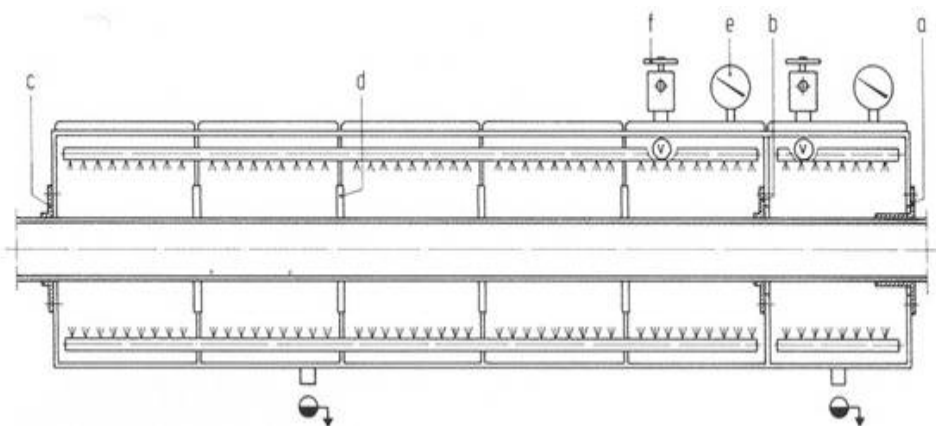
- výroba trubek a profilů
- výroba fólií a desek
- ostatní způsoby (oplašťování, výroba vláken, povlaků, atd.).

Tyto technologické způsoby využívají hlavně šnekové vytlačovací stroje, které však nepracují samostatně, ale jsou součástí výrobních linek, kde ostatní stroje a zařízení zajišťují odtah, kalibraci, doplňkovou úpravu tvaru nebo povrchu, apod. (2, 6)

4.1 Vytlačování trubek a profilů

Linka na vytlačování uzavřených i otevřených profilů a trubek se skládá ze šnekového vytlačovacího stroje, vytlačovací hlavy a ze zařízení měřicího, kalibračního, chladicího, odtahovacího, dělicího a navijecího resp. odkládacího. Běžně se používají jednošnekové vytlačovací stroje, neměkčený PVC se vytlačuje na dvoušnekovém vytlačovacím stroji.

Účelem kalibračního zařízení je ochladit vytlačovaný profil nebo trubku tak, aby získal požadovaný stabilní tvar a rozměr. Nejběžněji používaným typem kalibračního zařízení je vakuová (podtlaková) kalibrace. Kalibrace nastává přisáváním trubky ke kalibračnímu pouzdru. Povrch trubky se dotykem s pouzdem ochladí a tvar zůstává zachován. Trubky se vytlačují o 1 až 3 % větší, než je požadovaný průměr. Vakuová kalibrace je vhodná pro menší průměry a pro výrobky s tenčí stěnou.



Obr. 4.1 Vakuová kalibrace s kalibračními pouzdry (2)

Novější systém pracuje s kalibračními pouzdry, rozdělenými do více částí. Délka kalibrační komory je různá a závisí na tvaru výrobku, tloušťce stěny, průměru trubky a dosahovaném výkonu vytlačovacího stroje. Běžně se používají šest metrů dlouhé kalibrační komory, kde vstupní část je dlouhá okolo jednoho metru. Pro výrobu plných profilů se používá průvlaková kalibrace.

Kalibrační zařízení se obvykle doplňuje o chladicí zařízení, ve kterých se výrobek dochlazuje na takovou teplotu, aby nedocházelo k jeho nevratným deformacím v dalších zařízeních vytlačovací linky. Chlazení se provádí buď ponorem ve vodě nebo sprchováním jako v kalibrační komoře.

Rychlost posuvu vytlačovaného profilu se nastavuje a reguluje odtahovacím zařízením, které k odtahování používá řetězy, kotouče nebo pásy. Odtahovací zařízení jsou konstrukčně řešena tak, aby se jejich výška od základny dala seřizovat podle ostatních strojů v lince, které se ovšem také seřizují, a to podle výšky vytlačovací hlavy (osy profilu) od základny.

Dělicí nebo řezací zařízení bývá řešeno buď pomocí kotoučové pily nebo sekáním tvarovaným nožem. Pokud nedochází k dělení výrobků na konečnou délku, tak např. u pružných výrobků, u kterých nedochází při ohnutí k trvalé deformaci, následuje navíjení na bubny nebo kotouče. Průměr navíjení by měl být 20krát větší, než průměr trubky.

Do vytlačovací linky zařazujeme také zařízení, sloužící k měření, značení, manipulaci a k úpravám výrobku. Z měřicích zařízení se většinou linka osazuje délkoměrem, který slouží i k ovládní dělicího zařízení. U linek na výrobu trubek se ve stále větší míře začínají používat přístroje na měření průměru a tloušťky stěny. Značící zařízení se používají pro označování výrobku kvůli jeho identifikaci. Používají se přístroje typu ink-jet, vytápěné kolečko, tisk přes pásku aj. Do linky se podle typu výrobku zařazují ústrojí na tvarování trubek, jejich vysekávání, apod. (2, 6)

4.2 Výroba fólií a desek vytlačováním

Desky jsou plošné útvary s tloušťkou větší než jeden milimetr. Tenčí jsou fólie. Pro desky a fólie se k vytlačování používají širokoštěbinové hlavy, pro výrobu fólií vyfukováním se používají tzv. vyfukovací hlavy (příčné). Výrobky jsou buď konečné produkty nebo polotovary a mohou se vyrábět i jako vícevrstvé. (2)

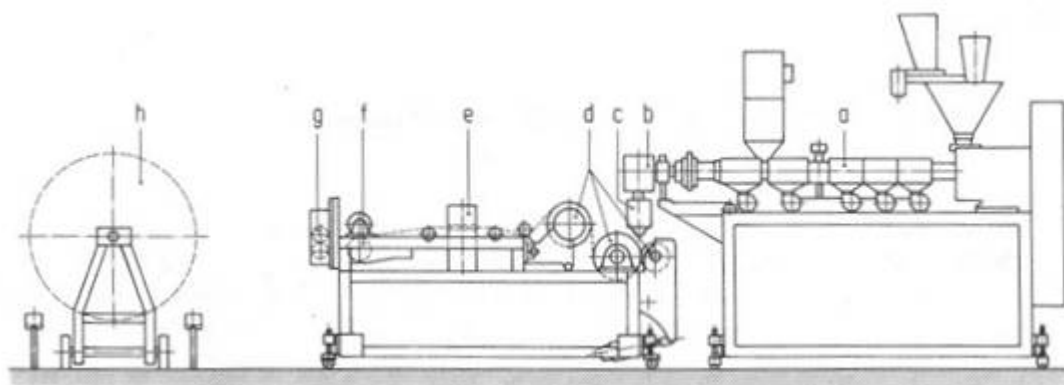
4.2.1 Výroba fólií

Linka na vytlačování fólií je schematicky znázorněna na obr. 4.2. Skládá se z vytlačovacího stroje s širokoštěbinovou vytlačovací hlavou a vytlačovaný pás je dále odtahován tříválcovým chladicím strojem. Fólie se vytlačuje na chladicí válec. Podle polohy vytlačovací hlavy k chladicímu válci lze měnit délku chladicí dráhy. Povrch válců je leštěn nebo chromován. Válce jsou temperovány na teplotu, která je závislá na druhu zpracovávaného materiálu. Vnitřní vestavba chladicích válců se řeší různými způsoby, které musí zajistit rovnoměrné rozložení teplot po délce válce.

Rychlost ochlazování má vliv na kvalitu fólie, tj. na mechanické vlastnosti, lesk, optické vlastnosti, apod. Proto je nutné zajistit dobrý kontakt mezi plastem a válcem pomocí přítlačných válců, vzduchovými noži, odsáváním vzduchu, elektrostaticky, apod. U tenkých fólií (do

tloušťky 0,2 mm) stačí kontakt s chladícím válcem. U tlustších fólií (0,2 mm a více) je chlazení oboustranné.

Deska se dále dochlazuje na válečkovém dopravníku. Ochlazená fólie prochází měřicím zařízením. Okraje fólie se ořezávají kotoučovými ořezávacími noži a fólie nebo desky se buď navíjejí, nebo sekají. Oříznuté okraje se vracejí zpět ke zpracování. Měření tloušťky je mechanické nebo bezkontaktní. (2, 6)



Obr. 4.2 Linka pro výrobu tenkých fólií vytlačováním (2, 6)

a – vytlačovací stroj, b – adaptér, c – vytlačovací hlava, d – chladící válce s odtahem, e – měření tloušťky, f – úprava povrchu, g – řezací zařízení, h – navíjení

4.2.2 Výroba desek

Linka pro výrobu desek je svou konstrukcí blízká linkám na výrobu fólií. Skládá se z vytlačovacího stroje s vytlačovací hlavou. Vytlačovaný pás je odtahován většinou tříválcovým chladicím strojem. Povrch válců je přizpůsoben požadované kvalitě povrchu desek (leštěný nebo leskle chromovaný, dezénovaný, matovaný, atd.). Válce jsou obvykle temperovány horkou tlakovou vodou na teplotu, která je závislá na druhu zpracovávaného materiálu. Režim chlazení musí být přísně řízen kvůli minimálnímu vnitřnímu pnutí. Deska se dále dochlazuje na

válečkovém dopravníku, před odtahem ořezává, za ním příčně dělí a ve stohovacím zařízení ukládá na paletu.

Speciální technologií je vytlačování desek resp. fólií do vodní lázně, ale její použití je omezené v důsledku nedokonalého povrchu vlivem pohybu povrchu chladicí vody. (2)

4.3 Speciální způsoby vytlačování

Do této kapitoly se řadí ostatní vybrané technologické způsoby vytlačování, jako je výroba vláken, opláštování, granulace, apod. (2)

4.3.1 Výroba pásků a vláken z fólií

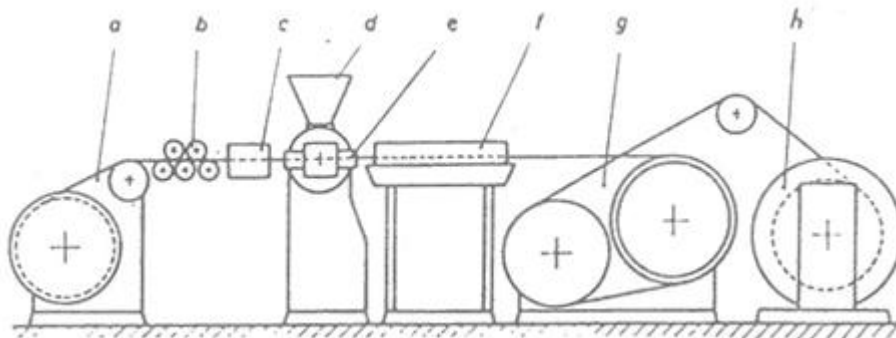
Pro výrobu vláken se používá technologický postup, využívající monoaxiálně orientované fólie. Z vyfouknuté fólie nebo z fólie vytlačované širokoštěrbinovou hlavou jsou na řezacím stroji nařezány pásy, které se temperují a orientují v dlouhícím zařízení na vysoce pevné pásy o tloušťce v rozmezí (10 mm až 30 mm) a šířce v rozmezí (2 mm až 10 mm). Takto orientované pásy se mechanicky štěpí na vlákna. Rozvlákňování je snazší pro profilované pásy, pro hladké pásy je vhodné použít válec s jehlami. (6)

4.3.2 Výroba vláken vytlačováním

Linky na výrobu vláken vytlačováním jsou rozdílně sestavovány, a to především podle typu zpracovávaného materiálu. Tímto způsobem se vyrábějí silná vlákna z taveniny. Vytlačovací stroj je osazený vytlačovací hlavou na vlákna. Z ní se vlákna vytlačují do chladicí lázně, za kterou následuje první odtahovací zařízení. Potom vlákna vstupují do temperační jednotky, kde se temperují na teplotu vhodnou k jejich orientaci (dloužení) mezi válci orientačního zařízení. Těchto temperačních a dlouhících jednotek může být do linky zařazeno i několik. (6)

4.3.3 Opláštění vytlačováním

Uspořádání linky na opláštění se řeší s ohledem na druh zpracovávaného materiálu a typ opláštěvaného předmětu. Většinou se opláštějí vodiče a kabely, ale i ocelové trubky pro rozvody plynu, kovová nebo polyamidová lanka jako pradelní šňůry nebo struny do žacích strojků. Schéma linky na opláštění vodičů termoplastickou izolací je na obr. 4.3. Vodič je z cívky odvíjen přes vodící kladky do předehřívacího zařízení. Nahřátý vodič vstupuje do příčné opláštěvací hlavy. Vzniklý plášť se kalibruje, ochlazuje v chladicí vaně, měří a kontroluje se soustřednost pláště, průměr a jeho izolační vlastnosti. Opláštěvaný vodič je odtahován synchronizovanými odtahovacími válci a přes vodící kladky je navíjen na cívku v navíjecím ústrojí. Při opláštění trubek PE a PP se do linky zařazuje před předehřev ústrojí, které povrch trubky očistí, odmastí a opatří jej vrstvou adheziva. Dále se do linky obvykle zařazují značící přístroje. (2)

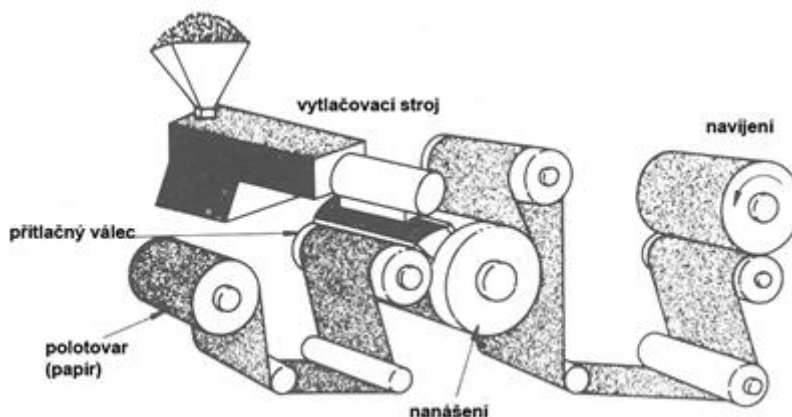


Obr. 4.3 Linka na opláštění vodičů (2, 6)

a - odvíjení, b - vodící kladky pro vedení a rovnání drátu, c – předehřev drátu, d - vytlačovací stroj, e – opláštěvací hlava, f - chladicí vana, g - odtah, h - navíjení

4.3.4 Tvorba povlaků vytlačováním

Kromě opláštování drátů a vodičů lze nanášet povlaky z plastů i na rozličné materiály, jako např. kovové fólie, textilie, jiné plastové fólie, papír, apod. Stejně jako u vytlačování fólií nebo vícevrstvých fólií i tady se využívá současného vytlačování (koextruze) taveniny plastu (nejčastěji PE) na povrch nosného materiálu, který má být povlakován. Následně je vytlačená tavenina plastu slisována s nosným materiálem mezi chlazeným bubnem a přítlačným pryžovým válcem. Předehřátý nosný materiál je ve styku s přítlačným válcem, zatímco tavenina plastu je chlazená na povrchu leštícího válce. (4)



Obr. 4.4 Schéma povlakování (4)

4.3.5 Granulace vytlačováním

Výroba granulátu se může uskutečňovat v podstatě dvěma způsoby, které se od sebe liší zvolenou metodou granulace. Jedná se buď o granulaci z vytlačovaných strun (pásku) nebo o tzv. granulaci na hlavě.

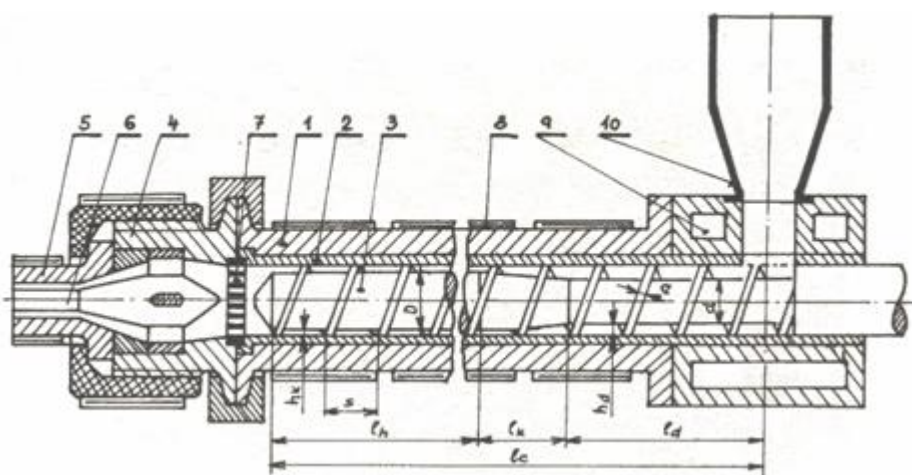
Granulace na hlavě je založena na tom, že vytačovací stroj, obvykle dvoušnekový, je osazen tzv. vytačovací nožovou hlavou, což je v podstatě děrovaná deska, přes kterou je materiál vytlačován a jsou na ní rotačním nožem ořezávány granule (asi jako u mlýnku na maso). Granule jsou pak ochlazovány vzduchem nebo vodou tak, aby

nedocházelo k jejich vzájemnému slepování. Obvykle se těchto chladicích médií využívá i k transportu vyrobených granulí k jejich dalšímu zpracování. Granule vyrobené tímto způsobem mají svůj charakteristický tvar čoček nebo pecek.

Pro vytlačování se používají stroje různé konstrukce, kdy se mění pracovní člen v tavící komoře. Potom rozeznáváme stroje pístové, šnekové a diskové. (6)

4.4 Šnekové vytlačovací stroje

Ve vstupní části se musí většinou granulovaný nebo aglomerovaný polymer zachytit, předežhát a za odplynění stlačit. V kompresní části je polymer dále stlačován, plastifikován a homogenizován s případnými přísadami. Ve výstupní části je již ve formě tepelně i materiálově homogenní taveniny pod tlakem kontinuálně vytlačován do „nástroje“ – vytlačovací hlavy. Ke zpracování plastů se používají především jednošnekové vytlačovací stroje, ale pro různé aplikace se konstruují i dvoušnekové vytlačovací stroje, stroje na kaučuky, apod. (4)



Obr. 4.5 Jednošnekový vytlačovací stroj (4)

1 – pracovní válec, 2 – pouzdro, **tavící komora**, 3 – šnek, 4 – vytlačovací hlava, 5 – hubice, 6 – trn, 7 – lamač, 8 – topení, 9 – chlazení, 10 – násypka

Šnek je nejvýznamnější funkční částí vytlačovacího stroje. Teoreticky by každý plast vyžadoval svůj speciální šnek, ale v praxi se používá několik ověřených konstrukcí šneku, které buď výrobce vytlačovacího stroje nebo dodavatel polymeru, pro jeho optimální zpracování doporučí.

Doposud se nepodařilo zkonstruovat univerzální šnek pro všechny termoplasty. Obvykle se upravuje vzájemný poměr tří částí šneku tak, aby co nejlépe zpracovával daný polymer – tlakový profil šneku. (6)

5 TECHNOLOGIE VÝROBY BARELŮ

Technologický postup:

je to výsledek práce technologa – postupáře v rámci technologické přípravy a je pro výrobu závazný, tj. stejně platný jako technický výkres.

10 Řezat, jednostranně centrovat

Dělení materiálu se provádí na pásových pilách. Při řezání kovů je zapotřebí, aby pásová pila byla vybavena chladícím systémem, který zaručuje konstantní proud chladící kapaliny přes pilový pás. Chladící kapalina udržuje pás chladný, což zvyšuje jeho životnost. (10)

Dle technologického postupu umístíme patřičnou kulatinu do čelistí pásové pily. Pro dělení rozměrných kusů co se týče do délky slouží pojezdové stoly vybaveny válečkovým posuvem, které jsou po stranách čelistí pily a umožňují tak dokonalejší manipulaci s takovými rozměrnými kusy. Při umístění kulatiny mezi čelisti a správném nastavení požadovaného místa řezu, spustíme jejich doraz. Při něm se čelisti pily pevně přirazí k materiálu a zabrání se tak nedobrovolnému pohybu řezaného kusu v jakémkoli směru. Nyní již přistoupíme k samotnému řezání. Pomocí řídicí jednotky spustíme oběžný plát pily a ten spolu s ramenem pily pomalu sjede do místa požadovaného řezu. Dle zadaných parametrů rychlosti, jak pásu pily, tak posuvu ramene při řezání, začne samotný řez materiálem. Při tomto všem je zapotřebí dobrého chlazení, které je v našem případě zaopatřeno chladící kapalinou na bázi emulze, jež je na místo dělení přiváděno pomocí tvarovatelné plastové trubice. Po skončení dělení, uvolníme čelisti pily a odebereme námi požadovaný rozměr uříznuté tyče, který poté expedujeme na následující pracoviště.

Jednostranné centrování provádíme z důvodu upnutí materiálu na soustruhu. Jedná se svým způsobem o navrtání plochy strany válce v jeho středu. Tato operace se provádí při běžných kusech na strojích k tomuto účelu určených, pouze pokud se jedná o nadměrné kusy, provádí se tak navrtávání strany válce ručně, speciální ruční vrtačkou s patřičným navrtávkem dle typu materiálu a jeho rozměrů.



Obr. 5.1 Jednostranně centrovaný kus

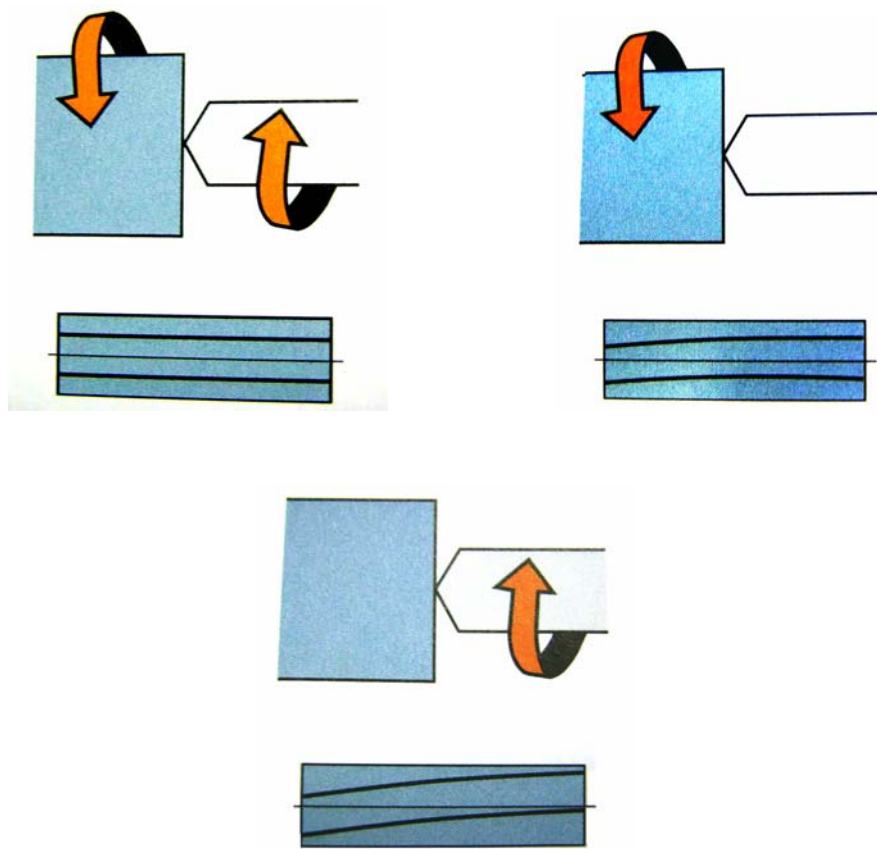
20 Soustružit hrubovat dle výkresu č. 1 (Příloha 1)

Soustružením nazýváme takový technologický proces, při kterém odebráním materiálu řezným nástrojem zpracováváme polotovar tak, aby dostal požadovaný tvar, rozměry a jakost obrobenej plochy. Při samotném procesu vykonávají obráběný předmět a nástroj takový pohyb, při kterém řezná část nástroje, tzv. břít, vniká do materiálu a odřezává jeho část ve tvaru třísek. (1)

Jednostranně centrovaná tyč se vloží do soustruhu, kde se z jedné strany upne do sklíčidla a na protější straně se uchytlí do navrtané díry pomocí koně s hrotem. Při velkém kusu slouží pro podepření v libovolné části válce navíc ještě posuvná luneta. Takto upevněný kus lze nyní bez problému otáčet kolem vlastní osy. Provede se hrubování celé délky s přídavkem na obrábění, dle výkresové dokumentace. Ještě před uvolněním baretu ze soustruhu je nutné provést na obou stranách sražení hran $2 \times 35^\circ$, pro potřebu správného uchycení na hloubkové vrtačce. Po těchto dvou základních krocích, hrubování a sražení hran, barel ze soustruhu vyjmeme a pokračujeme ve výrobě na již zmiňované hloubkové vrtačce.

30 Vrtat otvor dle výkresu č. 1 (Příloha 1)

Při vrtání hlubokých děr jsou charakteristické požadavky na vysoký úběr kovu v kombinaci s velkou přesností, tj. nároky na přímost díry, rozměrové tolerance a kvalitu povrchu. Extrémní podmínky, za nichž se vrtají hluboké díry představují vysoké nároky na nástroj, obráběcí stroj a související vybavení. Obrobky bývají velmi drahé a zmetky většinou mají přímé ekonomické dopady. Proto má spolehlivost celé operace vysokou prioritu. Přímost díry je při vrtání hlubokých děr kritičtější, vzhledem k hloubkám díry. U hlubokých děr se na přímost děr klade velký důraz. Přímost díry se nesmí zaměňovat s radiálním přesazením vstupu a výstupu. Nejlepší přímosti se dosahuje při protirotační, tj. když se vrták i obrobek otáčejí, ale v opačném směru. Druhá nejlepší přímost se dosahuje s rotujícím obrobkem. U nerotujícího vrtáku se odchylka od přímosti díry zpravidla vyjadřuje jako 0,1-0,3 mm/metr vrtané délky. Nejhorší přímost se dosáhne s rotujícím nástrojem. S rotujícím vrtákem se poměrně dobrá přímost dosahuje u krátkých děr, ale u dlouhých děr se značně zhoršuje kvůli průhybu vrtací trubky. U rotujících vrtáků lze zhruba předpokládat odchylku 0,3-1,0 mm/metr vrtané délky. (5)



Obr. 5.2 Přímost vrtané díry při rotaci obrobku i vrtáku, obrobku nebo jen vrtáku (5)

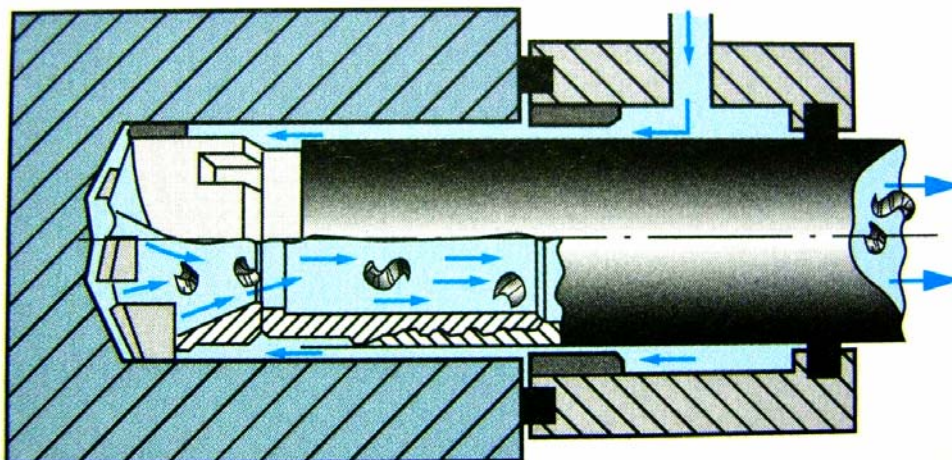
Firma Bernex používá při hlubokém vrtání válců rotujícího obrobku a stacionárního vrtáku. Toto uspořádání se všeobecně používá pro vrtání obrobků, jenž jsou symetrické kolem rotačních os. Ve srovnání s rotujícím vrtákem poskytuje tento pracovní způsob rovnější díry a dochází při něm k menšímu opotřebení pouzdra vrtáku. Tento způsob vrtání se nazývá systém STS (Single Tube Systém). Hlavní součástí tohoto systému je tlaková hlava, která má čtyři základní funkce:

- *přivádí k reznému nástroji chladící kapalinu*
- *těsní proti čelu obrobku*
- *drží pouzdro vrtáku*
- *těsní vnější povrch vrtací trubky.*

Olejevá tlaková hlava funguje jako upínací prvek a slouží také k samovystředění součástí.

System STS se využívá především pro:

- *speciální stroje pro hromadnou výrobu*
- *velké výrobní série*
- *stejnorodé a extrémně dlouhé obrobky*
- *materiál s obtížnou tvorbou třísek nebo nerovnoměrnou strukturou*
- *korozivzdornou ocel a ocel s nízkým obsahem uhlíku*
- *pro průměry děr přes 200 mm (5)*



Obr. 5.3 Princip systému STS (5)

Po seřízení vrtacího nástroje, přívodní hlavy chladícího oleje, vrtacího suportu a nastavení lunet a vřetene se upne barel do stroje. Konkrétně do sklíčidla sloužícího k upnutí a unášení obrobku. Nastaví se mechanické zarážky v závislosti na délce kusu a hloubce otvoru, přednastaví se přítlak upnutí obrobku a přívodní suport chladícího oleje se posune na doraz proti válci. Ke správnému přilnutí a těsnosti suportu a válce se provedlo, viz. operace č.20, sražení hran 2x35°. V závislosti

na průměru otvoru jehož se chce docílit, se průtok chladícího oleje upraví podle pravidla: množství oleje v litrech za minutu = 3 krát průměr otvoru v mm. Nyní se spustí samotný cyklus vrtání. V souvislosti s tím se spustí hlavní motor, rychloposuv vrtacího suportu a též se spustí i čerpadla chladícího oleje. Obrobek ve sklíčidle se začne otáčet kolem své osy a vrták připevněný na duté tyči se začne provrtávat barelem za stálého přítoku chladícího oleje při vysokém tlaku, jenž vytlačuje vzniklé třísky ven z vrtané díry vnitřkem duté tyče, na které je vrták nasazen. Tento proces neustále probíhá po celou dobu vrtání válce až do jeho naprostého provrtání se na jeho druhý konec. Chladící olej se, z důvodu, aby vrtaný otvor zůstal bez jakékoliv stopy po třískách, nechá cirkulovat až do návratu vrtacího suportu. Uvolní se sklíčidlo a vyjme hotový obrobek.



Obr. 5.4 Válec před provrtáním



Obr. 5.5 Válec po provrtání

40 Soustružit hotově dle výkresu č. 2 (Příloha 2)

Odstranění házivosti je nejdůležitější činností této operace. Jedná se o srovnání souososti vyvrtané díry a vnějšího povrchu válce. Dalším cílem je osoustružení povrchu válce tak, aby nevznikl nežádoucí "tisícihran", vznikající vibracemi, na povrchu barelu. Nedodržení nebo nesprávné provedení této operace se nepříznivě projeví při operaci odstředivého lití (spinning), viz. operace č.90. Dále je nutno provést ještě jednu velice důležitou technologickou záležitost. Na obou koncích barelu se provedou zápichy ve vzdálenosti od okraje válce uvedené na přiloženém výkresu. Tyto zápichy slouží spolu se vzduchem jako kvalitní a ekonomicky nejvýhodnější izolanty při ztrátě tepla během operace spinning.



Obr. 5.6 Zápich

50 Kontrola, transport na chrom

Vizuálně se provede kontrola povrchu válce, změří se házivost a vnější průměr dle příslušného výkresu. Odešle se na externí pracoviště jiné firmy, kde se provede pochromování povrchu válce po celé jeho délce.

60 Kooperace-Chrom

Tvrde chromování je elektrochemický proces, používán k nanesení vrstvy chromu na základní materiál. Tvrde neboli průmyslové chromování se používá na částech kde je potřeba především vysoké tvrdosti a otěruvzdornosti. Díky svým vynikajícím vlastnostem se tvrde chromování používá v mnoha různých aplikacích. Vlastnostem povrchu odpovídá vysoká tvrdost 850-1100 HV (66-70 HRC), vysoká otěruvzdornost, dobrá korozní odolnost a nízký součinitel tření. (11)

Jediná operace výroby bimetalických válců, která se provádí v kooperaci s jinou firmou, je chromování povrchu. Chrom se nanáší pouze pro technologický účel. Je to nyní již nedílná součást výroby. Při nanášení tvrdé vrstvy kovu na barel v indukční peci, docházelo při vysokých teplotách (okolo 1200°C) k oxidaci a opalu (tvorbě okují). Chromovaná vrstva o šířce 0,01 – 0,015 mm těmto nežádoucím jevům zabraňuje. Po provedení úkonu v indukční peci se tato vrstva chromu odstraní na soustruhu.

70 Vstupní kontrola

Provede se kontrola nanesené vrstvy chromu, její celistvost a tloušťka.

80 Příprava pro spinning

Válec se nejprve umístí na stůl s volně se otáčejícími válečky, na kterém se za pomoci acetonu, provede očištění vrtaného otvoru komory. Případné nečistoty mají za následek necelistvou a pórovitou strukturu nanášeného kovu a nedosažení tak žádaných vlastností. Do jednoho konce válce vložíme na kraj díry zátku tvaru kulaté podložky s kruhovým otvorem uprostřed a po stranách jej po celém jeho obvodu

zavaříme ruční svářečkou s elektrodou. Je nutné, aby byla podložka umístěna dovnitř otvoru, neboť by mohlo dojít za vysoké teploty a otáčkách při odstředivém lití, k jejímu utrnutí a tím ke znehodnocení celého procesu. Komoru nyní pomocí U profilové lišty rovnoměrně naplníme patřičným množstvím nanášeného kovu ve formě prášku a stejným způsobem jako na jeho druhém konci jej zavaříme zátkou s otvorem. U takto připraveného barelu nám zátky udrží roztavený kovový prášek uvnitř válce, během procesu odstředivého lití.



Obr. 5.7 Kus před navařením zátky



Obr. 5.8 Po navaření zátky

90 Spinning + chladicí stůl

Nyní připravený barel přemístíme na spinning, na speciální válce potažené keramickou vrstvou, tzv. rolny, které mají na svém povrchu šroubovici minimalizující přestup tepla mezi válcem a rolnami a otáčejí ve stejném směru. V nich za vysoké rychlosti proudí voda o teplotě kolem 15°C, jenž zabezpečuje jejich chlazení. Vložený barel se zafixuje axiální brzdou, čímž je docíleno otáčení komory kolem vlastní osy bez vodorovného pohybu válce dále po rolnách. Nyní se do otvoru v zavařené zátky válce vloží tryska vpouštějící inertní plyn, konkrétně

argon, čímž je vytvořena ochranná atmosféra, jenž brání oxidaci nanášené vrstvy kovu během indukce a jeho tavení. Takto připravený barel lze nyní za pomoci rolen roztočit. Spustí se pyrometr, měřící vnější teplotu v pěti bodech válce a induktor najede nad otáčející se válec v řádu několika milimetrů od jeho povrchu. Rychlost otáčení barelu je po celou dobu procesu natavování kovového prášku konstantní, stabilně 50% z celkové maximální dosažené rychlosti. Spustí se výkon, ohřívá se do 350°C s 2/3 výkonem a poté se výkon zvedne naplno s přihlédnutím na postup konkrétního válce. Otáčky zůstávají, teplota roste až na maximum dle typu kovového prášku. Po dosažení maximální teploty se celý systém uvede do udržovacího režimu. Udrží teplotu i otáčky. Následně se vypne induktor, odjede tryska s inertním plynem a rolny roztočí barel do požadované rychlosti potřebné k vytvoření rovnoměrné vrstvy a následného ztuhnutí na povrchu vrtané díry. Takto se válec točí dokud roztavený prášek zcela nezchladne a nezmění se na pevné skupenství. Teprve poté se mohou snížit otáčky. Induktor se vrátí do výchozí pozice a válec se pomocí naklonění rolen převalí na připravený válečkový stůl, kde pokračuje chladnutí a zároveň slouží k přesunu barelu na chladicí stůl, kde se kus otáčí dokud zcela nevychladne na teplotu okolí. Toto vychladnutí trvá přibližně 8 hodin dle rozměrů komory. Důležité je, aby se při chladnutí kusy stále otáčely, jinak dojde k nežádoucímu prohnutí komory a tak ke znehodnocení celého barelu.

100 Upíchnout konce barelu

Vychladnuté kusy se vrátí již v pořadí potřetí na soustruh, kde se upíchnou oba konce komory za zápichem. Po upíchnutí konců není délka válců ještě na hotovo.

110 Honování – hrubovat

Honování je dokončovací technologie, jež má za cíl zajistit dokonalou jakost povrchu. Honují se převážně vnitřní plochy válcové součásti. Dosahovaná přesnost této technologie je IT 5, Ra 0,1. Cílem je:

- *odstranění vlnitosti povrchu*
- *odstranění ovality*
- *odstranění kuželovitosti*

Jako nástroj se používá honovací hlava. (8)

Upíchnutý barel se nyní uchytí v honovače a honuje se jeho vnitřní plocha. Cílem operace je především dosažení požadované vrstvy naneseného kovu, při dodržení kuželovitosti a válcovitosti. Upnutý válec je za pomoci honovací tyče, na jejímž konci je nasazena honovací hlava, proháněn skrz vrtanou dutinu uvnitř, za stanoveného tlaku a počtu otáček. Nejprve se pracuje s hrubými honovacími kameny, upevněnými na honovací hlavě, které jsou schopny odebírat více materiálu, ale s menší kvalitou výsledného povrchu. Tlak chladícího oleje, jenž je přiváděn dutou honovací tyčí, honovací hlavu rozpíná až po dotek s povrchem naneseného kovu a udržuje konstantní přítlak. Začne rotovat a kmitat honovací hlava, uvnitř válce, ve vodorovném směru skrz vrtanou díru. Tímto prvotním úkonem se odebere oxidační vrstva, která tam vznikla jako ochrana naneseného kovového prášku během operace v indukční peci. Takto se děje až do rozměru 0,2 mm před požadovanou tloušťkou vrstvy naneseného kovu. Poté se honování hrubým kamenem ukončí.

120 Optická kontrola a kontrola tvrdosti

Po „hrubém“ honování se provede vizuální kontrola dutiny válce, zda uvnitř nejsou některá místa necelistvě pokrytá vrstvou kovu a na několika místech se provede zkouška tvrdosti.

130 Honování na hotovo dle výkresu

Dle rozměru na výkresu se provede honování na hotovo, nyní již jemnějším honovacím kamenem, nasazeným na pohyblivé honovací hlavě, který má menší úběr materiálu avšak vyšší kvalitu výsledného povrchu. Doba honování na hotovo je podstatně delší a složitější než při honování nahrubo pro odstranění oxidační vrstvy. Je třeba brát v úvahu požadovaná přesnost tloušťky naneseného kovu a s tím související pracnost při jejím získávání - častější zastavování stroje, kontrola tloušťky vrstvy či kontrola kvality povrchu honované komory.

140 Soustružit na hotovo délku

Kus se vrátí již naposled na soustruh a délka válce se zarovná na konečný požadovaný rozměr, uvedený ve výrobním výkresu součásti. Zarovnání obou stran válce se provádí v poměru délky odříznutí dle potřeby odvíjející se od operace č.120, kde se ukazuje převážná většina pórovitosti a necelistvosti většinou pouze na jedné straně válce.

150 Brousit vzorek

Odříznutý kus, oddělený od těla válce, se brousí a patřičně označený se uchovává pro případnou pozdější analýzu.



Obr. 5.9 Vzorky oddělené od těla válce

160 Závěrečná kontrola

Jde o kompletní překontrolování všech rozměrů a náležitostí potřebných ke správnému chodu komory, vypracování kontrolních protokolů a případných dodatků dle požadavků zákazníka pro nějž byl kus vyroben.

170 Expedice

Jedná se o poslední operaci s bimetalickými komorami prováděnou na půdě tohoto závodu. Komory se balí a odesílají zákazníkovi nejběžněji po více kusech naráz. Zabalí se do speciálně upravených antikoročních fólií a pomocí ocelových pásků se připevní k rámu palety na nichž jsou s patřičnou dokumentací nakládány a odváženy smluvně domluvenou dopravní firmou přímo k zákazníkovi.

6 IDENTIFIKACE PROBLÉMŮ NA TECHNOLOGICKÝCH PRACOVÍŠTÍCH

Uvedené problémy jsou seřazeny dle posloupnosti výroby, nikoli dle vážnosti jejich dopadu na výrobu bimetalických komor.

6.1 Tvar a rozměr zápichu

Zápichy po obou stranách válce slouží pouze jako technologická záležitost a po splnění požadovaných potřeb, k jejichž účelu byly vyrobeny, se odstraní. Tyto zápichy slouží spolu se vzduchem jako kvalitní a ekonomicky nejvýhodnější izolanty při ztrátě tepla během operace spinning, viz. operace č.90.

Při výrobě docházelo k nepříznivým jevům, které vedly ke znehodnocení celého výrobku, po odstředivém nanesení kovového prášku v indukční peci. Dělo se tak při nesprávném tvaru a rozměru zápichů. Vysoké teploty, jenž jsou docíleny v indukční peci, měly za následek deformaci převážně koncových částí barelu, a to vedlo k rozchodu souososti mezi středem a povrchem válce. Případně docházelo k velkým únikům tepla a tím ke vzniku nedostatečně protavené vrstvy naneseného kovu v barelu, kde se tvořily shluky. Bylo třeba nalézt vyhovující a technologicky nejpříznivější tvar a rozměr zápichu, který by vedl k malým tepelným ztrátám, rovnoměrnému rozložení naneseného kovu po celé délce válce a k potlačení jakékoli deformace.

6.2 Snižování produktivity se stoupající teplotou při honování

Při honování, viz. operace č.110 a 130, docházelo při dlouhodobějším úběru materiálu k nadměrnému zahřívání válce vlivem třecího pohybu honovací hlavy pohybující se v dutině válce, a tím se zároveň snižovala i produktivita, neboli míra úběru naneseného materiálu. Z toho důvodu bylo třeba nějakým způsobem docílit snížení teploty válce a zvýšení produktivity práce honovací hlavy.

6.3 Upíchnutí naneseného kovu

Součástí optimalizace výroby je i stránka ekonomická. Proto se ve výrobě značně sleduje i tento faktor. Děje se tomu tak například u operace č.100, kde se upichují konce barelů, které jsou již však i s naneseným tvrdším a daleko pevnějším druhým kovem. To způsobovalo přemíru znehodnocených soustružících nožů, které po odříznutí rozměrnější a měkčí části základního materiálu barelů narazily na, co se tloušťky tyče, tenčí vrstvu, avšak o to tvrdšího a pevnějšího materiálu. Jejich ostří se ihned o tento materiál otupilo a nástroj byl již k nepoužití.

6.4 Oštípání naneseného kovu

Po honování válců na hotovo následuje operace č.140, kde se pomocí soustruhu konce válců zarovnají na konečný požadovaný rozměr délky válce, který je uveden ve výrobním výkresu součásti. Při tomto úkonu však docházelo k nežádoucímu jevu, a to oštípnutí soustružené hrany směrem dovnitř válce. Upichovaný válec je v této fázi výroby již bimetalický. Skládá se ze dvou rozdílných materiálů. Jeden, základní materiál válce, je měkký a houževnatý. Oproti tomu nanesená vrstva je z tvrdého a křehkého kovu. Bylo obtížné soustružit barel jedním typem soustružícího nože, neboť plátky nože, určené pro měkký a houževnatý materiál, nezvládnou upíchnout tvrdý materiál a plátky na tvrdý materiál, jako jsou diamant, CBN nebo keramika, mají problém s měkkými materiály a přerušovaným odběrem. Bylo zapotřebí najít kompromis a provést technologické odladění tohoto problému.

7 ŘEŠENÍ PROBLÉMŮ A OPTIMALIZACE JEDNOTLIVÝCH FÁZÍ VÝROBY

7.1 Tvar a rozměr zápichu

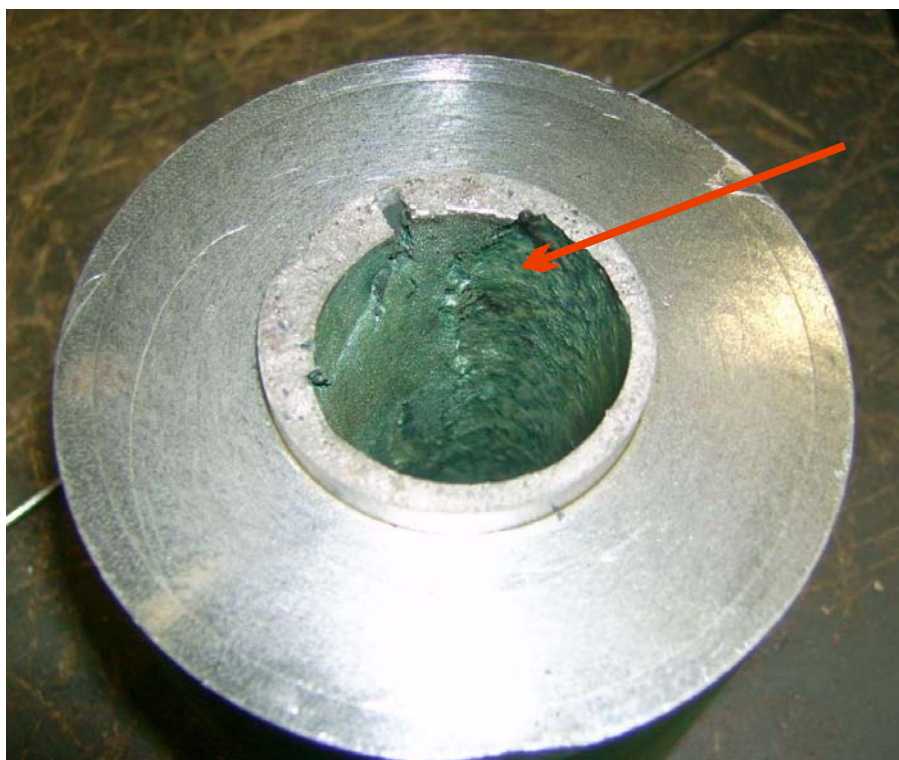
Správná tepelná izolace válce v probíhajícím procesu indukčního natavování má za následek rovnoměrně rozloženou vrstvu roztaveného kovového prášku po vnitřní stěně válce. Splněním tohoto požadavku je bimetalická komora technologicky správně vyrobena a lze zaručit její požadované vlastnosti při samotném jejím provozu přímo v procesu vstřikování, případně vytlačování plastů.

Do výroby se postupně zkoušely tvarově různorodé typy těchto technologických zápichů. Provádělo se tak na testovacích kusech, které byly speciálně vyrobeny přímo pro toto zkoušení a testování. Testovací kusy byly vyrobeny z kratších délek, avšak za zcela totožného technologického postupu jako běžně vyráběné rozměrnější barely. Vyzkoušelo se několik variant, ze kterých se získal výsledný tvar a rozměr zápichu, jenž odpovídal veškerým technologickým požadavkům. Každá tato varianta se testovala vícekrát na testovacích kusech a ve finále poté i na kusech reálných délek, na které má být výsledná optimalizace aplikována. To proto, aby nedošlo ke zkreslení výsledků vlivem rozdílné délky testovacích a reálných válců.

Testovaly se tyto následující základní typy a rozměry zápichů:

1. Úzký a mělký

Tvar těchto zápichů nikterak neřešil problém s únikem tepla při procesu odstředivého lití a navíc při této formě zápichu docházelo ke shlukování se roztaveného kovového prášku v krajích barelu a jejich nesprávnému protavení. Výsledkem tohoto, ne zcela vhodného tvaru, byly v místě zápichu vytvořeny velikostně různorodé shluky, patrné pouhým okem, viz. obr. 7.1, které bránily následnému procesu honování. Jejich odstranění se dalo dosáhnout pouze složitým ručním odbrušováním, což bylo velice pracné i časově náročné.



Obr. 7.1 Viditelné neprotavené shluky uvnitř barelu

2. Široký a hluboký

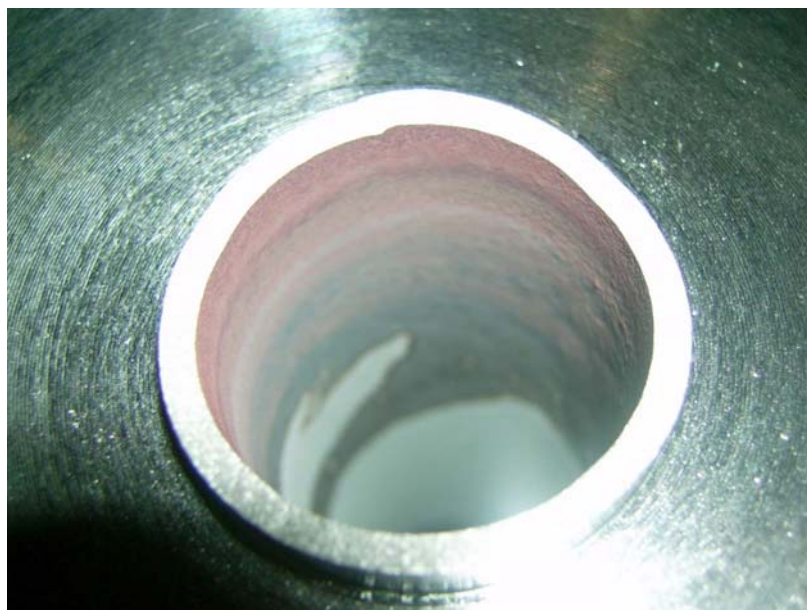
V případě tohoto tvaru zápichů byla docílena velice dobrá požadovaná tepelná izolace, avšak docházelo vlivem vysoké teploty a s tím související změnou pevnostních vlastností základního materiálu barelu, k nežádoucímu prohnutí konců válců v místě zápichu, z důvodu malé tloušťky stěny mezi jeho dnem a vnitřní stěnou válce.

3. Výsledný

Mnohačetným testováním a experimentálním zkoušením různých velkých či malých odlišností v rozměrech a tvarech zápichů vznikl výsledný a všem požadavkům vyhovující tvar zápichu. Přesnější rozměry tohoto výsledného tvaru zápichu jsou v zájmu firemního know-how utajeny. Při tomto tvaru zbyly už jen skoro nepatrné shluky kovu, avšak pouze v odpíchnuté části barelu, takže funkční část komory byla bez následků. Jeho hloubka byla v mezích nízkého odvodu tepla a deformaci konců barelů a šířka se pohybovala v míře potřebné ke správnému protavení se celé délky komory uvnitř indukční pece.

Výsledkem jsou:

- malé teplotní ztráty
- rovnoměrné nanesení vrstvy prášku
- žádné deformace



Obr. 7.2 Výsledný povrch nanesené vrstvy s optimálním tvarem zápichu

7.2 Snižování produktivity se stoupající teplotou při honování

Aby nedocházelo při honování k přílišnému zahřívání těla válce, bylo třeba jej nějakým způsobem ochlazovat. Efektivně a co možná nejekonomičtěji.

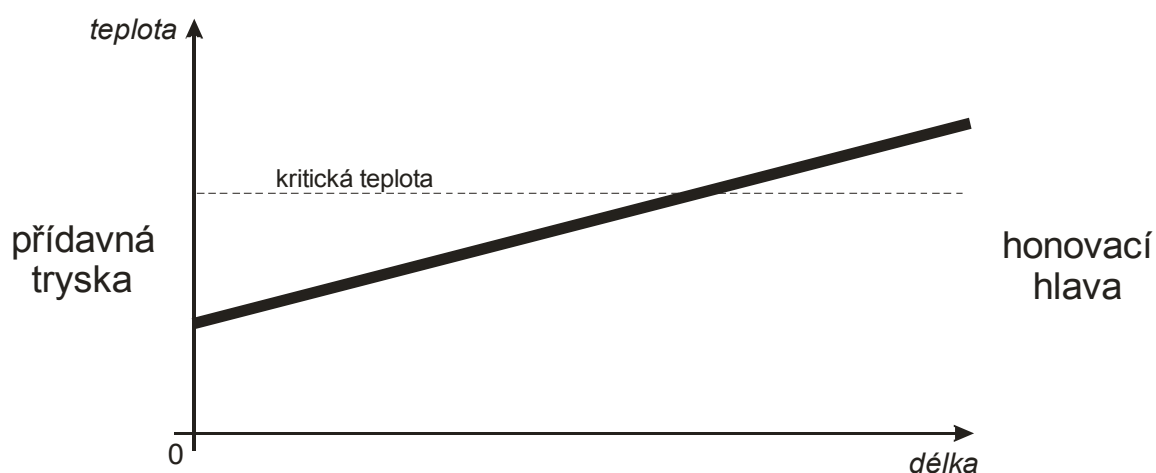
Vyzkoušela se následující řešení:

1. Hadice s dírami

Nad válcem, uchyceným v honovacím stroji, byla vedena speciálně upravená plastová hadice s dírami. Do této hadice se pod tlakem přiváděl honovací olej, jenž z ní vytékal v určených místech, vytvořenými dírami na povrch válce, který tímto ochlazoval. Toto řešení však nepřineslo požadovaný efekt, spíše naopak, neboť byla ochlazována pouze horní část povrchu válce a jeho spodní část nikoli. Tím byla vytvořena rozdílnost v teplotách mezi horní a dolní částí, což způsobovalo deformaci celého kusu – prohnutí.

2. Tryska v protisměru

Bylo třeba nějakým způsobem zavést ochlazovací olej přímo dovnitř válce. Řešením bylo přidání trysky, nasazené na hadici, na protilehlý otvor barelu, než kterým vchází honovací tyč spolu s honovací hlavou a pomocí ní vstříkovat tento honovací olej. Tím bylo docíleno lepšího ochlazování i druhé strany válce, avšak pouze jeho konce, neboť vstříkovaný honovací olej byl pohybem honovací hlavy vytlačován zpět směrem k přídatné trysce a nestačil tak dotéct do potřebných míst ve středu válce. Tento systém nebyl zcela optimální, neboť při něm docházelo k honování do tvaru kužele.



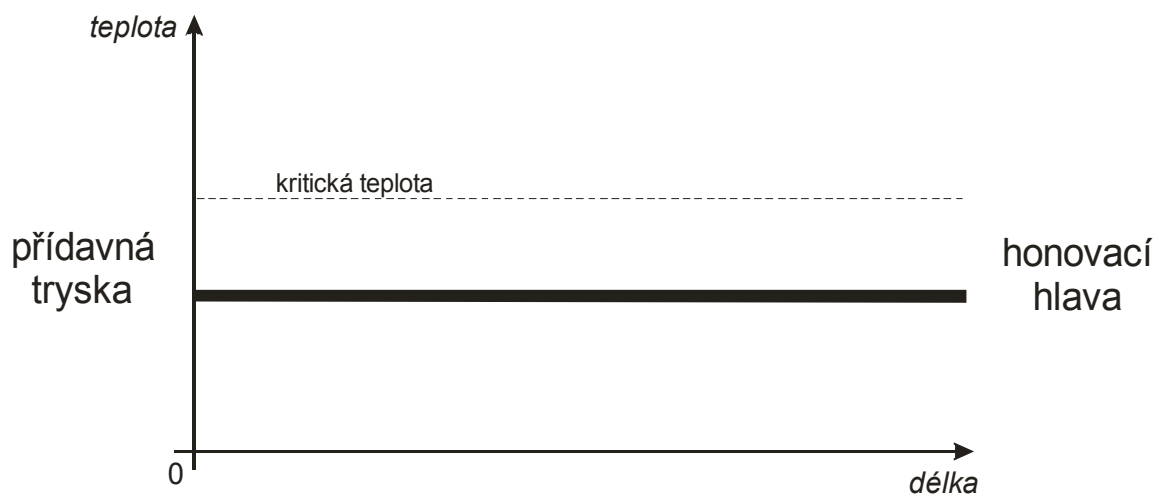
Obr. 7.3 Přibližná závislost teploty barelu na jeho délce při ochlazování přídavnou tryskou

3. Pohyblivý mechanismus

Realizaci ochlazování, pomocí trysky vstřikující olej, bylo třeba zefektivnit. Vytvořila se, přímo nad loží honovacího stroje, speciální konstrukce na valivých ložiskách a kolejničích, viz. obr. 7.4. Na výrobu byl použit materiál dural, aby byla zaručena požadovaná pevnost a hmotnost vyrobené konstrukce. Takto vytvořený „vozík“ byl uchycen tyčí k držáku honovací hlavy a tryska přichycená na hadici byla natažena až dovnitř honovaného kusu těsně naproti čelu honovací hlavy. To při chodu stroje způsobovalo souběžný pohyb celé konstrukce spolu s honovací hlavou a tím k dokonalému ochlazování celé délky barelu, neboť se olej dostával i do míst, kam se ve variantě 2 nedostal.



Obr. 7.4 Pohyblivá konstrukce z duralu



Obr. 7.5 Závislost teploty barelu na jeho délce při ochlazování pohyblivým mechanismem

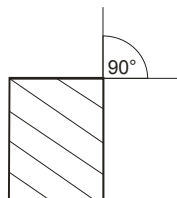
7.3 Upíchnutí naneseného kovu

Při této operaci není třeba upíchnout barel na hotovou přesnou délku uvedenou na výkrese barelu. Z toho se vycházelo při optimalizaci ekonomické stránky tohoto pracoviště. Na kusu, jenž byl umístěn na soustruh, z důvodu upíchnutí konců barelu v místě za zápichy, se provede pouze odpíchnutí základního materiálu bimetalického válce, až po dojetí soustružícího nože cca 0,5 mm před povrch druhého, odstředivě odlitého, kovu uvnitř válce. Za pomoci nože se pak provede po celém obvodu soustruženého válce drážka. Ta zapříčiní porušení materiálu a tím usnadní provedení následujícího úkonu. Do místa řezu se vloží klín a uhodí se do něj kladivem. Upíchnutá část válce se vlivem nárazu v místě vytvořené drážky v nepravidelném tvaru, viz. obr. 7.13, urazí.

Tato drážka po obvodu válce měla však různé následky, dle tvaru nože, kterým se provedla. Testovali jsme následující tvary nožů:

1. rovný

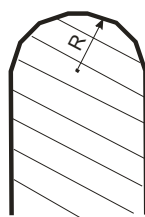
Při použití nového, zcela rovného nože, nešla drážka provést z důvodu velkého odporu materiálu ve styčné ploše.



Obr. 7.6 Rovný nůž – pohled ze strany

2. kulatý

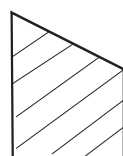
Kulatým nožem se již nějakého pokroku dosáhlo. Dala se vytvořit drážka, avšak nebyla dostačující pro náš účel, jelikož se při úkonu urážení pomocí klínu, nanesený kov vylamoval v nečekaných místech, která nešla předem odhadnout. Vylamování se dělo i směrem dovnitř válce, což mělo za následek pozdější problematické zarovnání čela.



Obr. 7.7 Kulatý nůž – pohled ze strany

3. šikmý

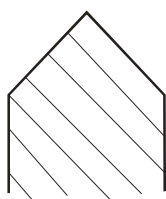
Tento tvar nože způsoboval vyhnutí a podpíchnutí vlivem jednostranného neboli asymetrického zatížení, což byl opět další nežádoucí jev tohoto procesu optimalizace.



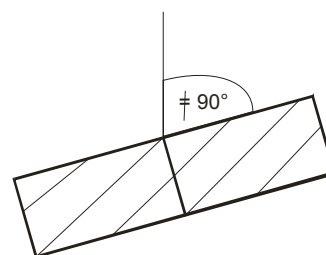
Obr. 7.8 Šikmý nůž – pohled ze strany

4. špičatý

Posledním zkoušeným tvarem nástroje byl nůž do špičky, standardně vyráběný pouze pod úhlem náklonu nerovnajícimu se 90° , neboť byl vyráběn pro účel výroby s úhlem stoupání závitu. Tímto nožem se docílilo krásné drážky, avšak nůž při tvorbě drážky uhýbal a jeho náklon měl, vlivem námahy, za následek krátkou životnost nejen nože samotného, ale i držáku v němž byl uchycen.



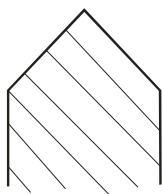
Obr. 7.9 Špičatý nůž – pohled ze strany



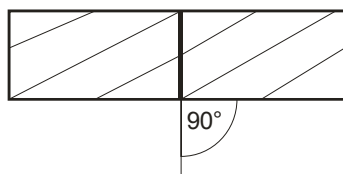
Obr. 7.10 Špičatý nůž – pohled shora

5. výsledný

Po neúspěšných pokusech s běžně vyráběnými tvary nástrojů bylo zapotřebí vytvořit tvar nože dle vlastních požadavků. Podle předchozích testování tvaru nožů se dospělo k závěru, že je třeba použít symetrický nůž, kde je náklon špice rovnající se úhlu 90° . Využil se rovný zápichový nůž, jenž byl běžným provozem otupen tak, že již nadále nemohl splňovat svoji funkci a na ruční brusce se naostřil do špice. Tímto upraveným nožem bylo možné docílit požadované drážky, aniž by byl nůž namáhán silami, které ho vyklání do boku. Takto předpřipravený barel se ulamoval stabilně přesně dle požadavků. Dosáhlo se tak efektivního řešení celé situace a zároveň se docílila i úspora nožů a navíc i využití těch, již jednou znehodnocených.



Obr. 7.11 Výsledný nůž – ze strany



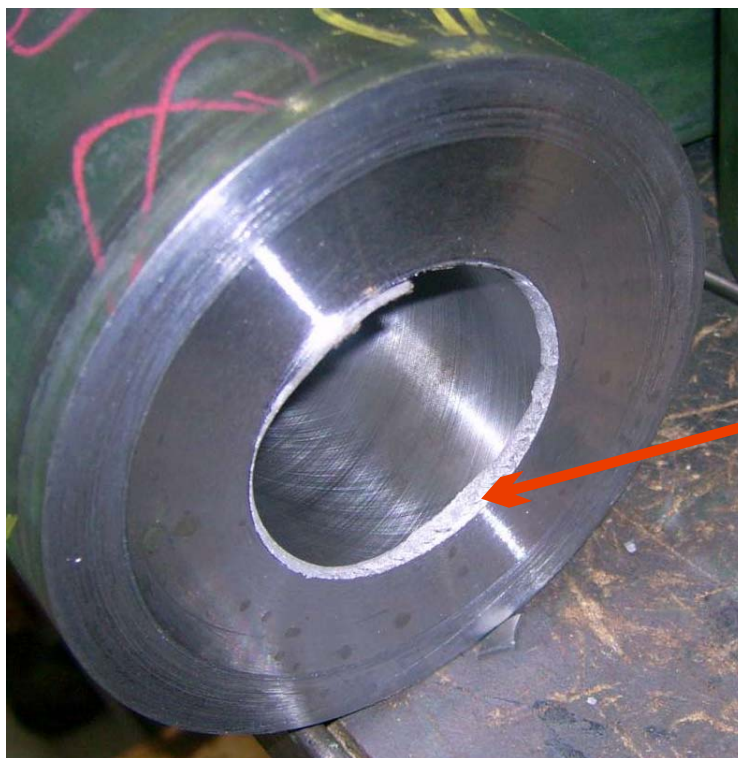
Obr. 7.12 Výsledný nůž – pohled shora



Obr. 7.13 Vyčnívající část uraženého naneseného kovu

7.4 Oštípání naneseného kovu

Při finálním upichování konečné délky komory na hotovo bylo nutno zabránit oštípnutí hrany naneseného kovu, viz. obr. 7.14. Požadovaného výsledku se dosáhlo až mnohačetným zkoušením změn, jak rychlostí otáček při upichování, tak kvality materiálu rezných nástrojů, jejich typů či tvrdostí.



Obr. 7.14 Oštípnutá hrana nanesené vrstvy kovu špatně zarovnaného čela válce

Vyzkoušely se následující způsoby:

1. napojování dvou různých plátek

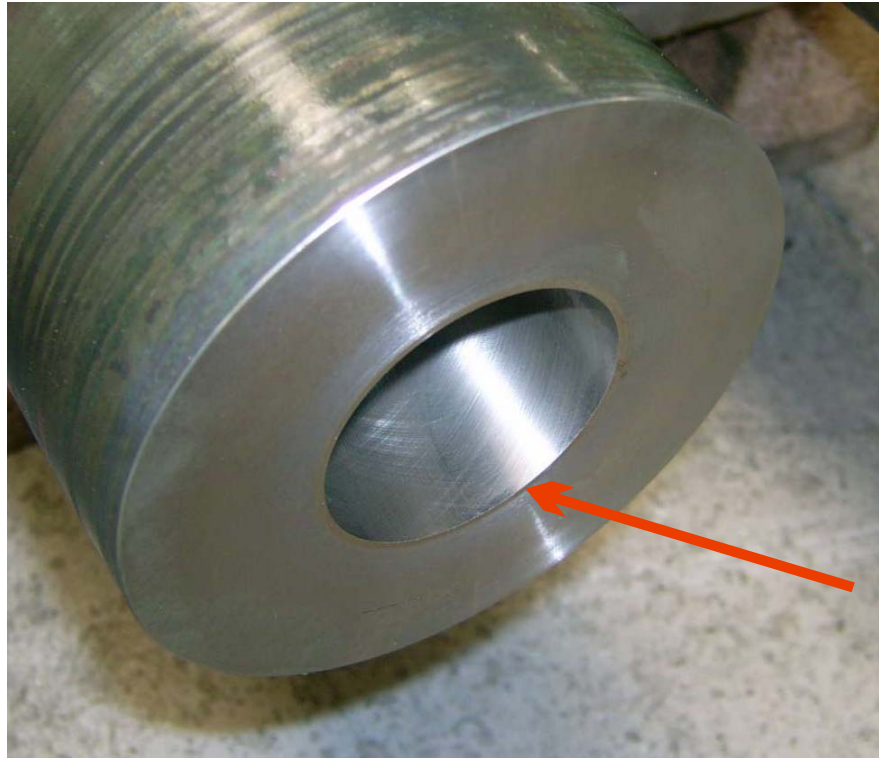
Cílem bylo využít na základní materiál barelu nůž na měkké materiály a na nanesenou tvrdou vrstvu plátek keramiky, CBN či diamantu. Tento úkon výměny nožů měl však za následek špatné napojení roviny čela a tím viditelný schod vzniklý výměnou nožů v průběhu soustružení.

2. jeden vysoce kvalitní plátek

Oslovili se přední světoví dodavatelé soustružících nožů, jenž poskytli řadu testovacích plátků k tomuto účelu určených. Mnohačetným zkoušením se dospělo k jednomu nejvíce vyhovujícímu noži. Výsledkem bylo dosažení požadované kvality zarovnaného čela válce i potřebná funkční hrana byla zcela bez oštípnutí. Této variantě řešení však výrazně chyběla, při výrobě velice důležitá, ekonomická stránka věci. Tento vysoce kvalitní a drahý nůž (CBN 350) se již při jeho 20% otupení nedal použít, neboť se nedosahovalo požadované ostrosti soustružené hrany. Výsledkem byly čtyři správně zarovnané válce a nůž, stojící v řádech tisíců korun a z 80% nevyužitý, který se již dále nedal použít.

3. dva držáky

Bylo třeba najít efektivnější způsob využití nože uvedeného ve variantě 2. Investovalo se do druhého totožného držáku pro uchycení stejného plátku nože. Do jednoho se vložil plátek již z 20% otupen a do druhého plátek zcela nový. Prvotní zarovnávací (hrubovací) operace se provedla z 80% ostrým nožem, kde nevadilo jemné oštípnutí se vnitřní hrany válce a poslední finální tříška se po otočení revolverového zásobníku, provedla novým, ostrým plátkem. Tím se docílila úspora jen z malé části otupených nožů a jedním takovýmto nožem se dalo kvalitně zarovnat až 5krát více čel válců, než tomu bylo u varianty 2.



Obr. 7.15 Výsledná ostrá hrana nanesené vrstvy na čele válce

7.5 Zhodnocení návrhů

Provedené optimalizace, jak na soustruhu, tak na honovače, přinesly očekávaný výsledek. Zlepšení vedla především ke zkvalitnění výroby, zvýšení její efektivity, ale i k výraznému zdokonalení a viditelných pokroků z ekonomické stránky věci. Dospělo se k odstranění plýtvání soustružících nožů – jejich použití na vyhrubování čel či jejich naostření pro vytvoření drážky potřebné k upíchnutí konce barelu. Také úspora materiálu vyřešením správného tvaru zápichu a s tím související kratší upíchnuté části konců barelů. A v neposlední řadě vytvoření jednoduché konstrukce, pro téměř bezproblémové chlazení honovaného povrchu válce, umístěného v honovače.

Všechny výše zmiňované zásahy měly pozitivní vliv a i když se v některých případech, jako je kupříkladu druhotné upotřebení z 80% ostrého nože, mohlo zdát maličností, ve výsledku to znamenalo desetitisícové finanční úspory pro firmu. Upichování s uražením zase přineslo nejen úsporu v opotřebování řezných plátků, ale i úsporu časovou, což přispělo k urychlení výroby jednoho kusu komory a tím i k uvolnění výrobních kapacit s následným žádoucím zvýšením obrátu firmy.

ZÁVĚR

Cíle této práce, jakožto zavedení a optimalizace linky pro výrobu bimetalických komor do vstřikovacích lisů, byly z celého rozsahu splněny. Byly zavedeny všechny pracoviště, potřebné pro výrobu těchto dvoukovových válců, konkrétně soustružení, vrtání, odstředivé lití a honování. Veškeré výše uvedené operace s patřičnou fotodokumentací a mnoho dalších potřebných úkonů kolem jejich výroby jsou podrobně popsány v kapitole č. 5, nesoucí název Technologie výroby barelů.

Mimo zavedení výroby a drobných úprav technologického postupu se práce zabývala i identifikací a řešením problémů na jednotlivých pracovištích, vzniklých v brzkém provozu po započetí výroby. Především se řešily následující identifikované problémy:

1. Tvar a rozměr zápichu

V tomto případě se řešila kvalita nanesené kovové vrstvy a prodloužení funkční části bimetalického válce tvorbou patřičného tvaru a rozměru zápichů na obou koncích komory, které vedly ke snížení teplotních ztrát při odstředivém nanášení tvrdého kovu zevnitř válce a tím docházelo ke správnému protavení se větší délky naneseného kovu až do míst vytvořených zápichů.

2. Snižování produktivity se stoupající teplotou při honování

Vyřešeno také bylo ochlazování celé délky honovaného válce, což mělo za následek neprohýbání se honovaných kusů. Pomocí přídavného mechanismu vyrobeného z duralu, jenž se pohyboval na kolejnicích a kolečkách se docílilo takřka dokonalého vstřikování ochlazovacího honovacího oleje po celé dráze kmitání honovací hlavy.

3. Upíchnutí naneseného kovu

Problémové upíchnutí čela válce, při němž docházelo k velkým ztrátám jak soustružících nástrojů, tak časového fondu, se řešení provedlo ne zcela odborně, avšak z hlediska vyřešení tohoto problému

zcela nejjednodušeji a nejekonomičtěji, jak se snad dalo řešit, a to urážením naneseného kovu pomocí klínu a kladiva.

4. Oštípání naneseného kovu

Protože hotová komora musela mít patřičnou výslednou kvalitu a náležitosti, pro její bezproblémovou funkčnost v nadcházející fázi jejího provozu, bylo zapotřebí řešit i závěrečné soustružení čela na hotovo, které muselo být bez jakýchkoli oštípnutí naneseného kovu, jenž má na správnou funkčnost komory největší dopad. Zvolila se po mnoha testováních nejprůchodnější a nejvíce vyhovující varianta, co se jednoduchosti a ekonomičnosti týče. Výsledkem bylo přidání druhého držáku plátku nože a využití opotřebovanějšího nože na hrubší zarovnání čela a zcela nového ostrého nože na finální a zároveň nejjakostnější třísku prováděnou na čele válce.

Z tohoto výčtu řešení, které úspěšně vyladily nastalé problémy, při výrobě dvoukovových barelů, se dospělo k úspěšné a ve všech směrech dostačující optimalizaci linky výroby těchto bimetalických komor do vstřikovacích lisů. Na zavedené lince se do budoucna má dále co zlepšovat, neboť různých drobných úprav a vylepšení není nikdy dostatek a prakticky všude je možnost časové či ekonomické optimalizace. Zmiňované základní kroky, řešené v rámci této diplomové práce, měly zabezpečit hladký chod výroby bimetalických komor do vstřikovacích lisů a jejich ekonomickou výrobu.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. KOČMAN, K. *Speciální technologie obrábění*. 3. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. 227 s. ISBN 80-214-2562-8.
2. MAŇAS, M. a HELŠTÝN, J. *Výrobní stroje a zařízení. Gumárenské a plastikářské stroje II*. 1. vyd. Brno: skripta VUT, 1990. 199 s. ISBN 80-214-0213-X.
3. KOLOUCH, J. *Strojírenské výrobky z plastů vyráběné vstřikováním*. 1.vyd. Praha: Nakladatelství technické literatury SNTL, 1986. 229 s.
4. KREBS, J. *Teorie zpracování nekovových materiálů*. 3. vyd. Liberec: skripta VŠST Liberec, 2006. 250 s. ISBN 80-7372-133-3.
5. AB SANDVIK COROMAT. *Catalog- Deep hole drilling*. Dánsko: 2007. 162 s.
6. LENFELD, P. *Technologie II. Část II. Technologie zpracování plastů*. [online]. [cit. 2008-03-28]. VŠST Liberec. Dostupné na WWW: <http://www.ksp.vslib.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp>.
7. COLBY, P. N., et al. *Plasticating Components* 2000. Spirex Corporation, 2000. 113 s.
8. BERNEX BIMETALLIC. *Firemní materiály*.
9. BERNEX BIMETALLIC. *Firemní data*.
10. PÁSOVÉ-PILY.eu. [online]. 2007. [cit. 2008-03-21]. Dostupné na WWW: <<http://www.pasove-pily.eu/static/7-PASOVA-PILA-NA-KOV>>.

11. BOMEX. [online]. [cit. 2008-03-28]. Dostupné na WWW: <<http://www.bomex.cz/cz/technologie/tvrde-chromovani.html>>.

12. BERNEX BIMETALLIC. [online]. Dostupné na WWW: <<http://www.bernexgroup.com>>.

13. XALOY. [online]. Dostupné na WWW: <<http://www.xaloy.com>>.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

PVC	Polyvinylchlorid	Druhá nejpoužívanější umělá hmota na světě. Základní surovinou pro výrobu je chlór (Cl).
PE	Polyethylen	Termoplast, který vzniká polymerací ethylenu.
PP	Polypropylen	Termoplastický polymer.
STS	Single Tube System	System hlubokého vrtání.
CBN	Cubic Boron Nitride	Kubický nitrid bóru s pravidelnou krystalickou mřížkou.

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Výkres č. 1

Příloha 2 Výkres č. 2

Příloha 1