

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

ÚSTAV TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ, PROJEKTOVÁNÍ A
METROLOGIE

**NÁVRH A VÝROBA VÝMĚNNÉ VLOŽKY FOREM
VSTŘIKOLISU**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2024

MICHAL POKORNÝ

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Pokorný** Jméno: **Michal** Osobní číslo: **509509**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávací katedra/ústav: **Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie**
Studijní program: **Teoretický základ strojního inženýrství**
Studijní obor: **bez oboru**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Návrh a výroba výměnné vložky forem vstřikolisů

Název bakalářské práce anglicky:

Design and production of replaceable inserts for injection molding molds

Pokyny pro vypracování:

Rozbor technologie vstřikování a vstřikovacích forem
Návrh vhodných materiálů
Výrobní postup prototypu
Základní ověření funkčních vlastností

Seznam doporučené literatury:

DAVIM, J. P., ed. Modern machining technology: a practical guide. Cambridge: Woodhead Publishing, 2011. Woodhead Publishing in mechanical engineering. ISBN 978-0-85709-099-7.
BOOTHROYD, G., Peter DEWHURST a Winston KNIGHT. Product design for manufacture and assembly. 2nd ed. rev. and expanded. New York: Dekker, c2002. ISBN 0-8247-0584-X.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Zdeněk Pitrmuc, Ph.D. ústav technologie obrábění, projektování a metrologie FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **08.04.2024**

Termín odevzdání bakalářské práce: **05.08.2024**

Platnost zadání bakalářské práce: _____

Ing. Zdeněk Pitrmuc, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

Ing. Libor Beránek, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Zdeňka Pitrmuce, Ph.D., a to pouze pomocí podkladů uvedených v seznamu použité literatury v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací, vydaným ČVUT v Praze 1. 7. 2009.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne

.....

Podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Zdeňku Pitrmucovi, Ph.D. za jeho odborné vedení, cenné poznámky a vstřícné jednání v průběhu tvorby této práce a možnost věnovat mi svůj čas během osobních konzultací.

Zároveň bych rád poděkoval své rodině a přítelkyni, kteří mě během studijních let podporují. Hlavní poděkování patří mému otci za poskytnutí výrobního zázemí pro vypracování teoretické i praktické části této práce a obrovskou podporu nejen během studia, ale i během profesního života.

ANOTACE

Tato bakalářská práce se zabývá výrobou výměnných vložek vstřikovací formy. V první části je obecně rozebrána problematika vstřikování plastů, vstřikovacích forem a strojů. Následně jsou představeny vybrané technologie obrábění, jež budou využity v experimentální části. Dále je rozebráno vybavení společnosti Techni-Trade, pro které jsou vložky vyráběny a v závěru teoretické části jsou popsány základní funkční principy aplikátorů a definice požadovaného kusu, na který je navázán návrh prototypové vložky.

V experimentální části je zhotovena prototypová vložka z vyrobených a pořízených součástí podle navrženého rámcového technologického postupu, jež vychází především z teoretické části. Nakonec je vložka ozkoušena při lisování a výsledný aplikátor je funkčně otestován přímo při požadované aplikaci.

Název diplomové práce: Výroba výměnných vložek čtyřnásobné vstřikovací formy

Autor práce: Michal Pokorný

Vedoucí práce: Ing. Zdeněk Pitrmuc, Ph.D.

Akademický rok: 2023/2024

Vysoká škola: ČVUT v Praze, Fakulta strojní

Ústav: 12134 – Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie

Vedoucí ústavu: Ing. Libor Beránek, Ph.D.

Rozsah práce: 70 stránek, 3 tabulky, 72 obrázků, 19 rovnic

Klíčová slova: vstřikování plastů, vstřikovací forma, vstřikolis, aplikátor, výměnná vložka, technologie obrábění

ANNOTATION

This bachelor thesis deals with the production of interchangeable injection mould inserts. In the first part, the problems of plastic injection moulding, injection moulds and machines are generally discussed. Subsequently, selected machining technologies are presented, which will be used in the experimental part. Next, the equipment of Techni-Trade for which the inserts are produced is discussed and at the end of the theoretical part, the basic functional principles of applicators and the definition of the required piece, to which the design of the prototype insert is linked, are described.

In the experimental part, a prototype insert is made from the manufactured and purchased components according to the proposed technological procedure, which is mainly based on the theoretical part. Finally, the insert is tested in the machine and the resulting applicator is functionally tested directly in the desired application.

Thesis title: Design and production of interchangeable inserts for a quadruple injection mould

Author of the thesis: Michal Pokorný

Thesis supervisor: Ing. Zdeněk Pitrmuc, Ph.D.

Academic year: 2023/2024

University: Faculty of Mechanical Engineering, Czech Technical University in Prague

Department: 12134 - Department of Machining Technology, Design and Metrology

Head of the Institute: Libor Beránek, Ph.D.

Extent: 70 pages, 3 tables, 72 figures, 19 formulas

Keywords: injection moulding, injection mould, injection moulding tool, applicator, interchangeable inserts, machining technologies

OBSAH

1	ÚVOD	8
2	VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ	9
2.1	Technologie vstřikování plastů, rozbor vstřikovacího cyklu	9
2.2	Dvoudeskové vstřikovací formy	12
2.3	Bezsloupkové vstřikovací stroje.....	17
3	VYBRANÉ TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ.....	18
3.1	Řezání materiálu na gravitačních pásových pilách	18
3.2	Soustružení	19
3.3	Vrtání válcových děr	22
3.4	Řezání závitů pomocí závitníků	24
4	VYBAVENÍ TECHNI-TRADE.....	25
4.1	Bezsloupkový vstřikovací lis ENGEL Victory 200/50	25
4.2	Dvoudesková forma lahvičkových aplikátorů, kontrola nastavených procesních parametrů.....	26
5	APLIKÁTORY PRŮMYSLOVÝCH KAPALIN.....	30
5.1	Automobilový průmysl, výrobní proces autoskla	30
5.2	Aplikátory Techni-Trade	31
6	KONSTRUKČNÍ NÁVRH VLOŽEK	34
6.1	Analýza stávajících vložek a požadovaného dílu.....	34
6.2	Návrh rozměrů nových vložek	35
6.3	Návrh vhodných materiálů jednotlivých komponent	38
7	RÁMCOVÝ TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY JEDNOTLIVÝCH KOMPONENT	42
7.1	Rámcový technologický postup výroby lůžka	42
7.2	Rámcový technologický postup výroby jádra	51
8	OVĚŘENÍ FUNKČNÍCH VLASTNOSTÍ	60
8.1	Postup vylisování aplikátoru, kontrola rozměrů a aplikace kapalin.....	60
9	ZÁVĚR.....	64
10	REFERENCE	65
11	SEZNAM OBRÁZKŮ	67
11	SEZNAM TABULEK.....	69
12	SEZNAM ROVNIC	70

1 ÚVOD

Vstřikování plastů je jedním z nejrozšířenějších způsobů výroby plastových dílů. Představuje totiž velmi výhodný kompromis mezi náročností výroby a tvarovou přesností výrobků. Stroj, který takový způsob výroby umožňuje se nazývá vstřikovací lis, zkráceně také vstřikolis. Principem vstřikolisu je vstřikování roztaveného media do dutiny, která má tvar negativu požadovaného výrobku. Tato dutina se nazývá vstřikovací formou. Po vychladnutí taveniny dojde k odformování, při kterém je díl z formy vyjmut. Tento proces se cyklicky opakuje.

Cílem práce je zhotovení prototypu výměnné vložky vstřikovací formy. Ve výrobcích je možné narazit na situaci, kdy je potřeba vyrábět různé díly, které se od sebe odlišují pouze v určitých partiích. V těchto případech je výhodné nevytvářet pro každý díl vlastní formu, ale pouze příslušnou část dutiny formy nahradit jiným kusem, který nazýváme výměnnou vložkou. Na začátku výroby pak není třeba investovat do řady forem, což je velmi nákladné, ale stačí pouze vlastnit tyto výměnné vložky. Za pomoci jedné formy je pak možné vyrobit řadu různých dílů, což násobně snižuje velikost vstupních fixních nákladů pro výrobu.

Výměnná vložka je následně využita pro výrobu tzv. aplikátorů průmyslových kapalin, které jsou v dnešní době využívány především v automobilovém průmyslu při výrobě autoskel. Způsobů využití aplikátorů je řada, na trhu proto vzniká poptávka po širokém spektru různých tvarů, rozměrů, materiálových charakteristik a podobně. Jediné, co průřezem aplikátorů zůstává stejné je upínací část, kterou při manuálním použití tvoří závitová část určená pro našroubování na lahvičku. Při použití aplikátoru na robotizovaných pracovištích je upínací část tvořena válcovou dírou s přesahem, která je nalisována na trysku. Vzniká zde proto prostor pro výměnné vložky, které umožní výrobu různých typů aplikátorů bez nutnosti výměny celé vstřikovací formy.

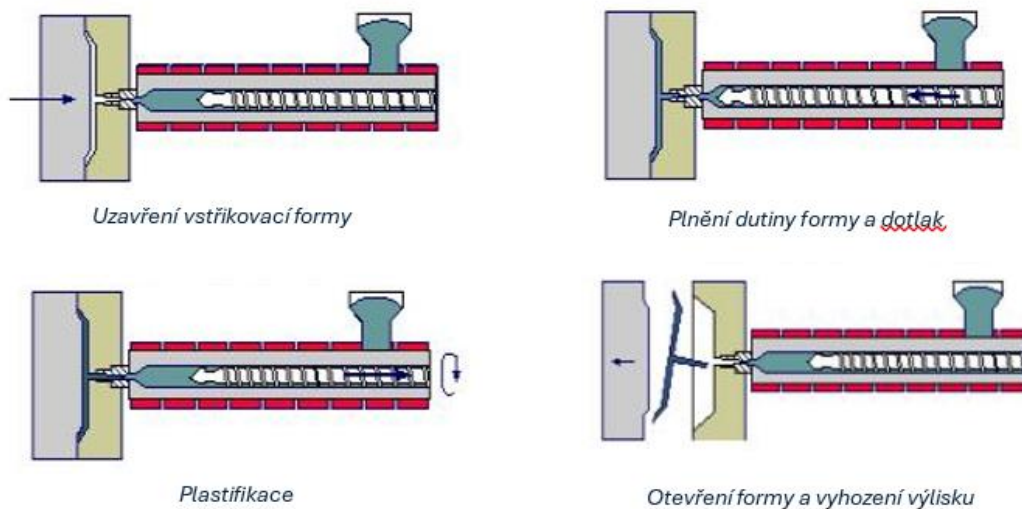
Teoretická část práce obsahuje principy vstřikování plastů, vstřikovacích forem a strojů a následně i návrh rozměrů nových vstřikovacích vložek na základě analýzy stávajících. Tím je návrh výrazně zjednodušen. Nakonec jsou i rozebrány vybrané technologie obrábění potřebné pro výrobu vložky.

V praktické části jsou na základě návrhu vložky vyrobeny včetně popisu rámcového technologického postupu. Následující část obsahuje stručný přehled vstřikovacích parametrů, které byly nastaveny přímo při lisování. Na závěr jsou ověřeny rozměrové vlastnosti příslušných dílů včetně otestování samotného nanášení kapaliny přímo na vyřazené autosklo od zákazníka.

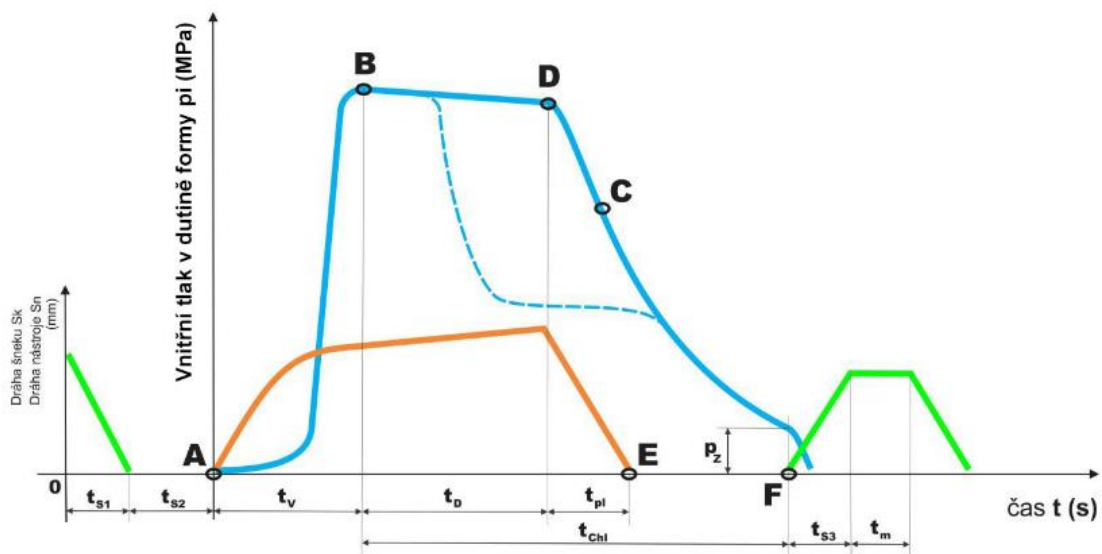
2 VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ

2.1 Technologie vstřikování plastů, rozbor vstřikovacího cyklu

Vstřikování je jedním z možných způsobů zpracování termoplastů, v posledních letech i vybraných reaktoplastů, kaučuků a pryží. Svým principem se vstřikování plastů velmi podobá tlakovému lití kovů, ovšem u plastů jsou kladeny nižší nároky na celou soustavu vstřikovacího lisu i jeho periferií, zejména tedy chladicího obvodu. Tento způsob zpracování je velmi oblíben z důvodu dobré tvarové i rozměrové přesnosti a opakovatelnosti jak fyzických, tak i mechanických vlastností. Je to cyklický proces, který se dělí do 4 hlavních fází vyobrazených na obrázku 1 a graficky na obrázku 2. [1][2]



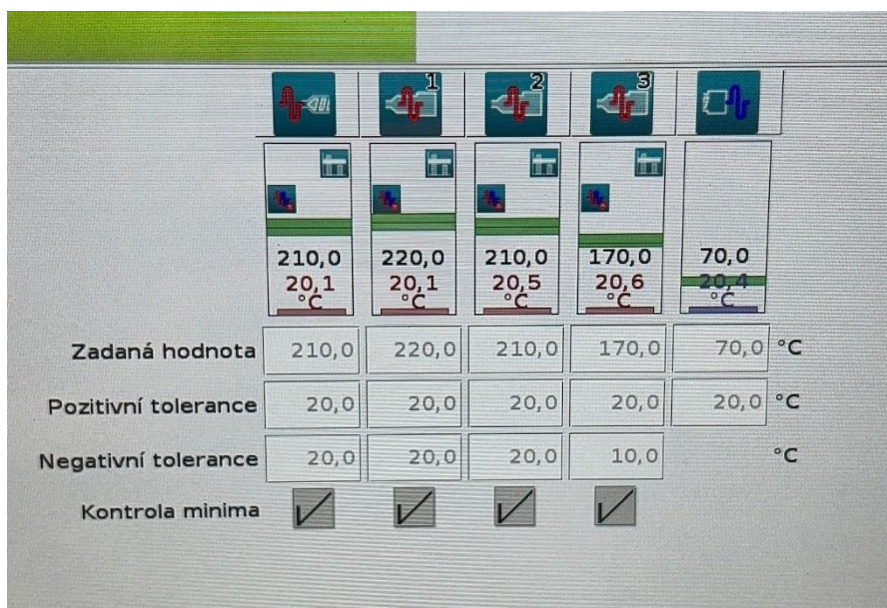
Obrázek 1 Fáze vstřikovacího cyklu [2]



Obrázek 2 Fáze vstřikovacího cyklu graficky [1]

VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ

První fází je uzavření vstřikovací formy, ve které se nachází dutina ve tvaru požadovaného vylisku, na obrázku 2 je interval této fáze vyznačen jako čas t_{s1} . Případně, pokud tryska není v kontaktu s ústím vtoku po celou dobu cyklu, například v důsledku samovolného úniku taveniny, dojde i k uzavření trysky do vtokové soustavy pod nastavenou uzavírací silou, interval vyznačen jako t_{s2} . Současně s tím také musí docházet k plastifikaci vstřikovaného materiálu. Aby bylo dosaženo optimálního zaplnění dutiny taveninou, musí být zajištěna dostatečná teplota a viskózní homogenita v dávce taveniny před čelem šneku. K tomu přispívá zejména správné nastavení provozních teplot v jednotlivých pásmech šneku, zpětný odpor na šneku a jeho obvodová rychlost, resp. otáčky. Poslední dva parametry je možné profilovat i v závislosti na dráze vstřiku, což výrazně napomáhá ke zlepšení efektivity procesu. Příklad nastavení jednotlivých teplotních pásem je znázorněn na obrázku 3. [3][1]



	1	2	3		
Zadaná hodnota	210,0	220,0	210,0	170,0	70,0
Positivní tolerance	20,1	20,1	20,5	20,6	20,4
Negativní tolerance	20,0	20,0	20,0	10,0	
Kontrola minima	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Obrázek 3 Ovládací panel procesních teplot v pásmech šneku ENGEL

V případě teplotní i viskózní nehomogenity z důvodu nesprávného nastavení může dojít ke vzniku tokových čar, studených spojů, nebo vnitřních pnutí způsobených nerovnoměrným rozložením molekul ve struktuře plastu. Obecně je možné těmto nedostatkům předejít drobným navýšením procesních teplot v rámci jednotek procent, čímž se vylisek stává více izotropní, resp. vykazuje menší rozdíly v mechanických vlastnostech v závislosti na pootočení roviny namáhání. V případě nadměrného zvýšení teplot oproti teplotám doporučeným výrobcem může naopak dojít ke zhoršení mechanických vlastností, a to zejména ve směru toku taveniny. Zároveň se tím i prodlouží čas cyklu vlivem nutnosti delšího ochlazování a u vylisku bude docházet k výraznějšímu primárnímu smrštění. Je tedy vždy potřeba najít to správné optimum procesních parametrů. [3]

Na počátku druhé fáze, tedy v bodě A, dojde k dopřednému pohybu šneku, při kterém se šnek neotáčí, pouze plní funkci pístu. Tento pohyb, vyznačený oranžovou barvou, v topné zóně válce vyvodí tlak, označen jako p_i , který způsobí vstřik taveniny skrze vtokovou soustavu do dutiny formy. Doba vstřikování, označována také jako doba plnění, je na obrázku označena jako t_v . Hlavním úkolem této fáze je naplnění tvarové dutiny formy teplotně a viskózně homogenní taveninou (připravenou v první fázi při plastifikaci) a to ideálně za konstantní rychlosti čela proudu. U jednoduchých dílů s konstantní tloušťkou stěny není velký problém tohoto předpokladu dosáhnout. U tvarově složitějších dílů může být dosažení konstantní rychlosti čela proudu velmi obtížné i za použití numerických simulací. Rozdílné rychlosti vstřikování, neboli plnění, můžou zapříčinit již zmíněné tokové čáry, vrásnění povrchu vylisku, nebo také stopy po

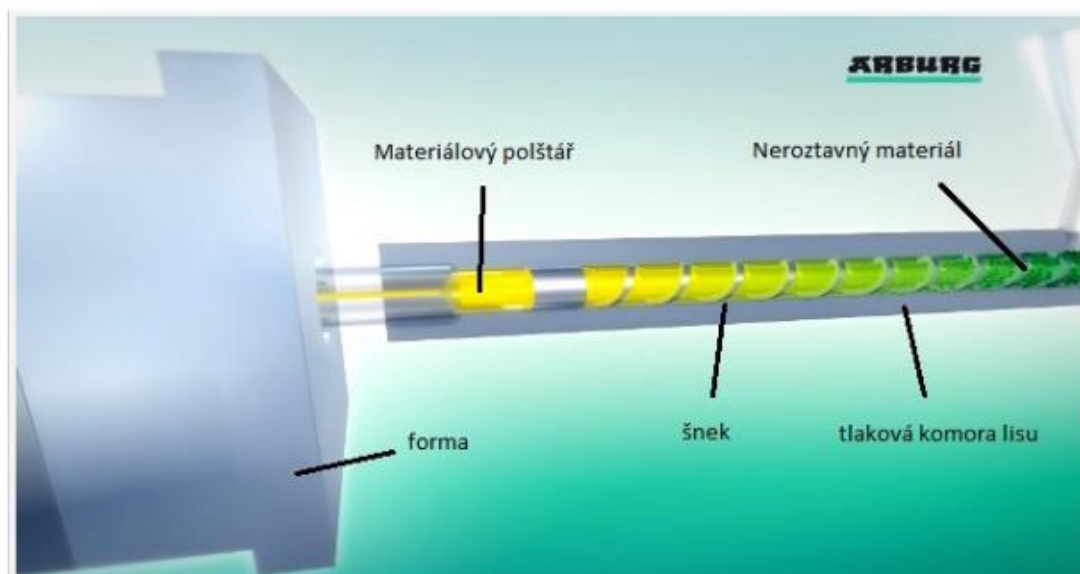
VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ

studených spojích, které jsou náchylné k prasknutí. Následek takového mechanického selhání je vyobrazen na obrázku 4. [1][3]



Obrázek 4 Mechanické selhání vylisku

Po uplynutí vstřikovacího času, tedy v bodě B, dochází k chladnutí materiálu, které trvá až do otevření formy v bodě F. Doba chladnutí je označena jako t_{ch} . Při chladnutí hmoty dochází k objemovým a rozměrovým změnám v důsledku smršťování. Tyto změny je nutné kompenzovat dotlačením taveniny z materiálového polštáře do dutiny formy. Materiálovým polštářem se rozumí množství taveniny, která se nachází před čelem šneku. V této fázi tzv. dotlaku, která je vyznačena mezi body B a D, je na materiálový polštář vyvíjen nastavený tlak p_D , po dobu označenou jako t_D . Nastavený tlak dotlaku může být po celou dobu trvání konstantní, anebo může s uplynulým časem klesat. V praxi je běžnější druhá možnost. Pozice materiálového polštáře je vyznačena na obrázku 5. [1][3]



Obrázek 5 Schématické zobrazení vstřikovací jednotky [1]

VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ

Ve třetí fázi mezi body D a E, označované jako plastikaci dochází ke zpětné rotaci šneku, u které probíhá nabírání nového materiálu ve formě granulí do topného válce. Šnek zároveň koná zpětný pohyb, který vtlačuje již roztavený materiál před čelo šneku. V důsledku toho dochází i ke vzniku zpětného tlaku, také označovaného jako protitlaku, jehož hodnota ovlivňuje dobu plastikace, označenou jako t_{pl} a také homogenitu taveniny. V bodě C dochází k zatuhnutí taveniny ve vtokovém kanálku pevné části formy. Mezi body E a F dobíhá doba chlazení vylisku, po které v dutině formy zůstává zbytkový tlak p_z . Příliš vysoká hodnota zbytkového tlaku svědčí o špatné kombinaci nastavených parametrů a může vést až k samovolnému praskání vylisků po vyjmutí z formy. [1]

Poslední fází je otevření formy a vyhození vylisku pomocí vyhazovačů. Doba, po kterou je v pohybu pohyblivá část formy je označena jako t_{s3} . V případě rozměrných vylisků může na řadu přijít manuální vyjmutí vylisku z formy, jehož doba trvání je označena t_m . Po uplynutí manipulačního času dojde opět k uzavření formy, jímž se cyklus uzavřel. [1]

2.2 Dvoudeskové vstřikovací formy

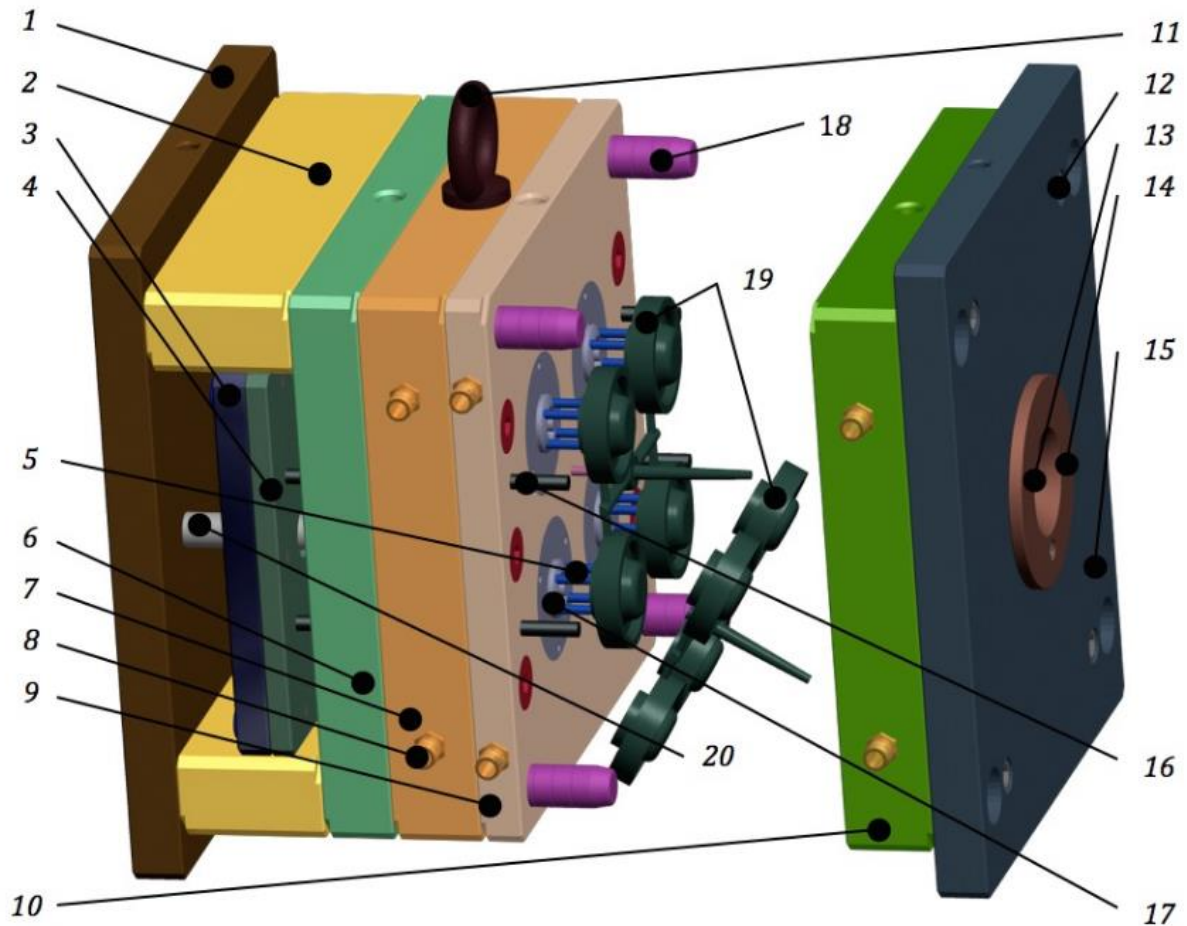
Nedílnou součástí pro vstřikování plastů je i vstřikovací forma. Vstřikovací formou se rozumí komplexní soustava prvků, která primárně slouží k dopravě roztavené taveniny do dutiny vytvarované podle požadovaného tvaru vylisku, která se taveninou naplní pod vstřikovacím tlakem a dotlakem. Mezi druhotnou funkci se řadí odvod tepla z roztavené taveniny, které způsobuje ohřev formy. U jednoduchých forem s malým objemem vylisků formu ochlazuje pouze přenos tepla do okolního prostředí. U složitějších forem s objemnějšími vylisky je nutné formu navrhnout s kanálky pro chladicí médium, nejčastěji pro destilovanou vodu. Tento uzavřený chladicí obvod bývá napojen na temperační jednotku, která vodu buďto ohřívá za pomoci kotle, nebo chladí pomocí separovaného chladicího oběhu napojeného na chladič. Záleží na přednastavené teplotě, která se běžně pohybuje mezi 20 – 30°C. U méně častých aplikací může být nutné oddělenými okruhy s rozdílnými teplotami chladit pevnou část i pohyblivou část formy, případně chladit i jádra vsazená do formy. Poslední funkcí, kterou může forma plnit, je odformování dílů pomocí vyhazovačů, které jsou mechanicky spojené se strojem skrze táhlo. [4]

Pro maximální účinnost chladicího oběhu je žádoucí, aby byl počet kanálků co největší a co nejpřesněji kopíroval obrys dutiny vylisku. V případě využití jader je nutné, aby chlazení vedlo i srze jednotlivá jádra. V opačném případě by docházelo k nerovnoměrným staženinám, které jsou z hlediska reprodukovatelnosti produkce nežádoucí. Naopak z hlediska správného a bezpečného odformování dílů je třeba, aby návrh obsahoval co největší počet vyhazovačů vedených do dutiny formy. Je tedy zřejmé, že požadavky na odformování a chlazení si vzájemně odporují, jelikož vedení chlazení skrze vyhazovače není možné. Konstruktor proto musí vždy zvolit co nejvhodnější kompromis, který zároveň přihlíží i na jednoduchost formy. Přílišně složité formy jsou náročné pro výrobu jak z pohledu velikosti formy, času potřebného k zhotovení, tak i z pohledu vstupních nákladů pro výrobu. [4]

VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ

V moderních výrobcích se využívají spousta forem v různých konstrukčních provedeních. Nejjednodušším provedením ale zůstávají tzv. dvoudeskové formy, jejichž název vznikl z toho důvodu, že do přímého styku s taveninou se během cyklu dostávají pouze 2 desky. Na obrázku 6 je vidět schématické zobrazení dvoudeskové formy v otevřeném stavu při odformování. [4]

Upínací desky pevné a pohyblivé části formy, někdy také nazývané jako tvárnice a tvárník, (Obrázek 6 pozice 1,15) slouží k upevnění částí formy k upínacím deskám stroje. [4]

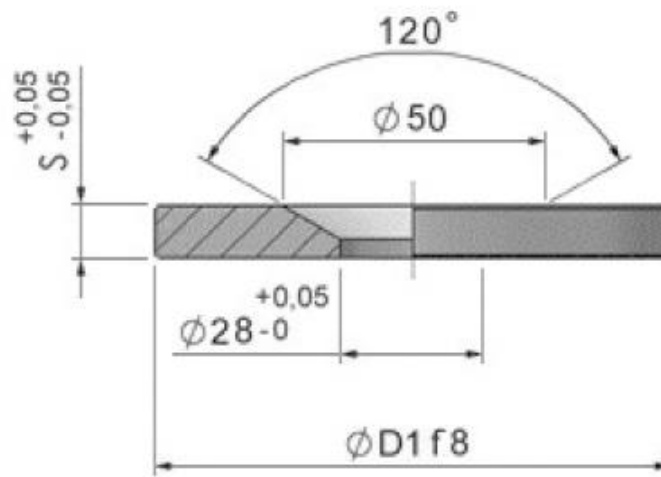


Obrázek 6 Otevřená dvoudesková vstříkovací forma [4]

Upínací desky pevné a pohyblivé části formy, někdy také nazývané jako tvárnice a tvárník, (Obrázek 6 pozice 1,15) slouží k upevnění částí formy k upínacím deskám stroje. [4]

VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ

Druhým upínacím prvkem jednotlivých částí formy jsou středící kroužky pevné a pohyblivé části formy (Obrázek 6 pozice 14). Středící kroužky zajišťují přesnou polohu formy na vstřikovacím lisu. Pro správný chod cyklu musí být forma upnuta tak, aby osa trysky stroje byla souosá s osou vtokové vložky (Obrázek 6 pozice 13), skrze kterou bude proudit tavenina do dutiny formy. Zároveň je také nutné zajistit souosost táhla vyhazovacího systému stroje s příslušným otvorem v hlavní vyhazovací desce (Obrázek 6 pozice 3), na kterou je navázána přídržovací deska (Obrázek 6 pozice 4) společně s jednotlivými vyhazovači vedenými do dutin (Obrázek 6 pozice 5). Vnější průměr středících kroužků, přes který se desky středí vůči středícím otvorům v lisu, bývá vyroben s tolerancí f8, pro zajištění dostatečné přesnosti upnutí. Konstrukční provedení kroužků z katalogu výrobce je zobrazeno na obrázku 7. [5][4]



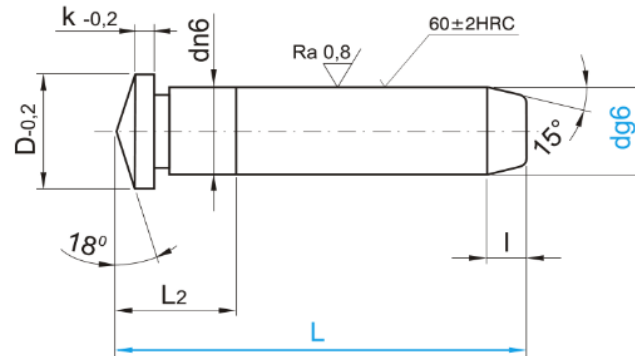
Obrázek 7 Středící kroužek [5]

Desky s čísly 7,9 a 10 jsou určeny k vytvoření dutiny pro požadovaný výlisek. Pro zajištění dlouhodobé životnosti formy je nutné, aby části, které přijdou do kontaktu s taveninou, byly zhotoveny z materiálů, které jsou dostatečně odolné proti mechanickému, případně i abrazivnímu opotřebení. Z toho důvodu jsou desky 7 a 9 rozděleny, což umožňuje jejich zhotovení z rozdílných materiálů, tedy snížení nákladů na vstupní polotovary. Rozdělení s sebou může nést i další výhody, jako jednodušší obrobení desky 9 za pomoci elektroerozivního řezání drátem, místo nákladnějšího elektroerozivního hloubení, také nazývaného jako jiskření. K dalším úsporám vede i zavedení zmíněných výměnných vložek. Vložky sice musí dosahovat vyšších materiálových požadavků, kotvící desky ale do styku s taveninou nepřijdou, mohou proto být zhotoveny z úspornějších materiálů. [4]

Pro případ poruchy vyhazovacího systému, nebo jeho zaseknutí při zpětném pohybu slouží tzv. bezpečnostní vraccí kolíky (Obrázek 6 pozice 16), které jsou spojeny s hlavní vyhazovací deskou a slouží jako pojistka proti kolizi slabších vyhazovačů s pevnou částí formy. Princip spočívá v tom, že pevná část formy přijde do kontaktu s bezpečnostními kolíky dříve, než by přišla do kontaktu s vyhazovači. Tím se zamezí jejich poškození, případně i poškození desky pevné části formy, nebo vložek. [4]

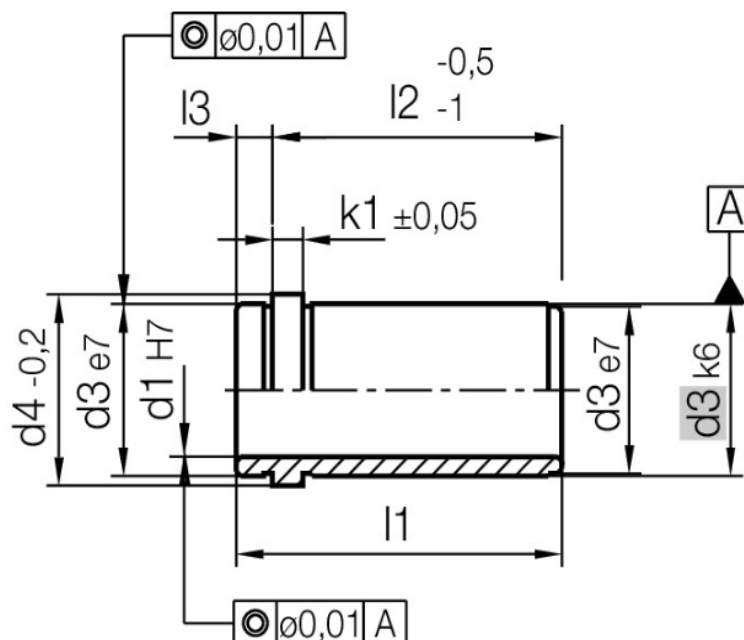
VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ

K bezpečnému zajištění správné vzájemné polohy slouží i tzv. vodící kolíky (Obrázek 6 pozice 18). Pro eliminaci vůlí je vnější průměr kolíků broušen na toleranci h6/g6 s kuželovým náběhem. Aby nedocházelo k rychlému opotřebení povrchu bývá celý kolík zakalen a popuštěn na tvrdost přibližně 60 HRC. Jedno z dostupných konstrukčních provedení je zobrazeno na obrázku 8. [4]



Obrázek 8 Příklad konstrukce vodícího kolíku [25]

Aby nedocházelo v abrazivnímu opotřebení formy během posuvného pohybu kolíků, jsou v protější desce formy zalisovány tzv. vodící pouzdra (Obrázek 10 pozice 2). Jejich účelem je přesné vedení vodících kolíků. Vodící pouzdra jsou standardně zakalena a popuštěna na tvrdost, jejíž nominální hodnota je shodná s tvrdostí vodícího kolíku, tedy zhruba 60 HRC. Kontaktní plochy vnitřního otvoru jsou opět broušeny. Příklad konstrukčního provedení vodících pouzder od společnosti HASCO je vyobrazen na obrázku 9. [6]

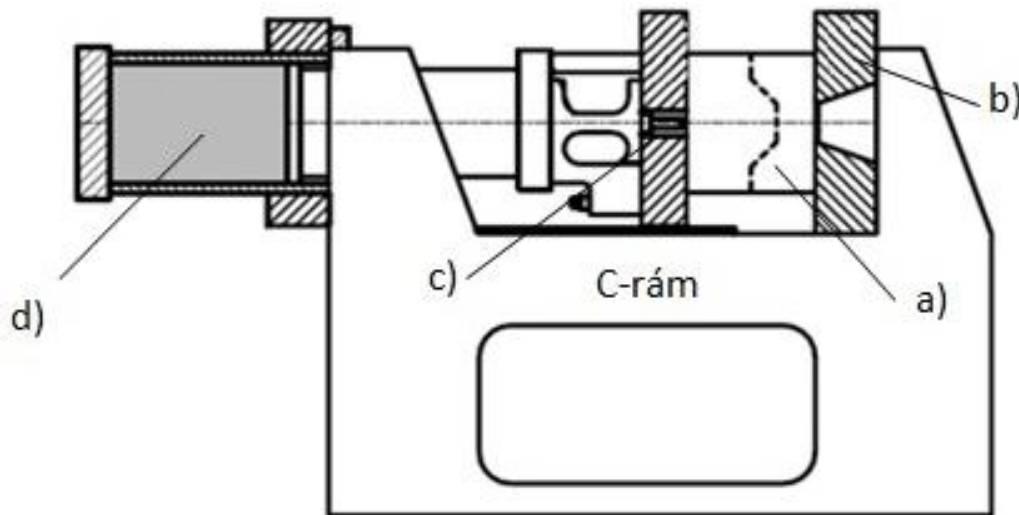


Obrázek 9 Příklad konstrukce vodícího pouzdra [6]

VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ

2.3 Bezsloupkové vstřikovací stroje

Typů vstřikovacích lisů je mnoho, obdobně jako u strojů navržených pro tlakové lití. Úplně tím nejjednodušším typem jsou tzv. bezsloupkové vstřikovací lisy, jejichž rám je konstruovaný do tvaru písmene C. Taková konstrukce s sebou nese jisté výhody z hlediska přístupnosti formy při její výměně, ale i přístupnosti pro případný manipulátor, který odebírá výrobky, nebo zakládá jádra a inserty před uzavřením formy. Zároveň ale přináší i nevýhody spojené s nutností posílení rámu, aby upínací desky zůstaly rovnoběžné i při působení maximální uzavírací síly. Z toho důvodu se běžně nevyrábějí bezsloupkové stroje s vyšší uzavírací silou, než 6000 kN. Schématický náčrt bezsloupkového vstřikovacího lisu je zobrazen na obrázku 11. [7]



Obrázek 11 Bezsloupkový vstřikovací lis [7]

Na obrázku 11 jsou také vyobrazeny základní části vstřikovacího lisu. První součástí je vstřikovací forma (Obrázek 11; 22 - pozice a), která byla popsána v předchozích odstavcích.

Druhou částí je pevná upínací deska (Obrázek 11; 22 - pozice b), na jejíž straně se běžně nachází tryska s topným válcem, násypkou a případně i dávkovačem barviv. Uprostřed pevné upínací se nachází středící otvor určený pro středící kroužek.

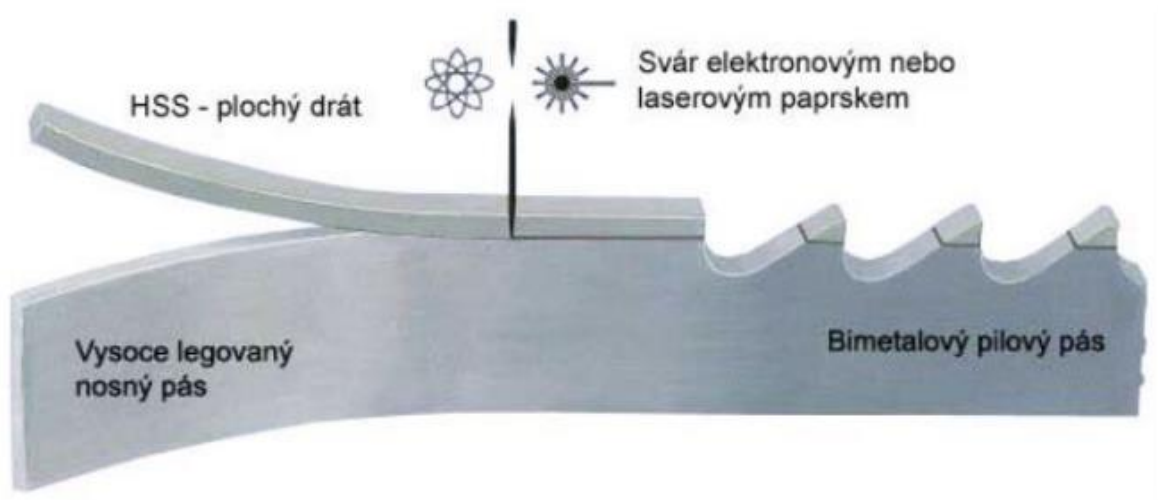
Třetí částí je pohyblivá část upínací desky (Obrázek 11; 22 - pozice c), nazývána také jako beran, ke které je upnuta pohyblivá část formy. Na pohyblivé straně se nachází systém pro odformování dílů včetně táhla vyhazovačů.

Poslední součástí je hydraulický válec (Obrázek 11; 22 - pozice d), jehož funkcí je vyvozování uzavírací síly v deskách stroje společně s pohonem táhla vyhazovačů.

3 VYBRANÉ TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ

3.1 Řezání materiálu na gravitačních pásových pilách

Jedním z nejpůvodnějších způsobů dělení materiálu na kratší kusy je řezání na gravitačních pásových pilách. Tyto pily využívají k řezání gravitační sílu, která posouvá řezací rameno směrem do místa řezu. Pro řezání materiálu je využíván nejčastěji bimetalový pilový pás. Bimetal, neboli dvojkov, značí, že pás se skládá ze dvou ocelí, případně z oceli a tvrdokovu. Běžnou kombinací bývá pás ze standardní vysoce legované oceli s vysokou pevností a zuby tvořené z rychlořezné oceli, neboli HSS (High speed steel), která dosahuje tvrdostí okolo 65 HRC. V případně náročnějších aplikací je možné nahradit rychlořeznou ocel tvrdokovem, nejčastěji karbidem wolframu. Spojení obou materiálů zajišťuje v případě rychlořezné oceli svarový spoj, tvrdokovové pásy se k oceli spojují tzv. tvrdým pájením, tedy pájením při teplotách vyšších, než 450 °C. Při řezání na pásových pilách je velmi důležité pás i obrobek důkladně chladit. Při řezání dochází ke značné produkci tepla vlivem tření, které při nedostatečném chlazení zhorší kvalitu řezu a výrazně zkrátí životnost pásů. Bimetalový pás se zuby z HSS je vyobrazen na obrázku 12. [8][9][10]



Obrázek 12 Bimetalový pás pro řezání na pásové pile [9]

3.2 Soustružení

Soustružení je třískové obrábění rotačních součástí za pomoci nejčastěji jednobřítých nástrojů. Jedná se o jeden z jednodušších způsobů obrábění. Řezný nástroj je ve většině případů pevný, zatímco obrobek rotuje, koná tedy hlavní pohyb. Nástroj koná pouze podélný posuv, tedy pohyb rovnoběžný s osou rotace a přísuv, který probíhá kolmo na osu rotace obrobku. Při podélné posuvu dochází k podélnému soustružení, při kterém je redukován průměr obrobku. V případě přísuvu dochází k čelnímu soustružení, kdy jsou soustruženy čelní plochy obrobku a tím dochází ke snižování celkové délky obrobku. Častěji je využívána kombinace, kdy nůž provádí oba pohyby zároveň. Výsledkem jsou obecné tvarové plochy, nejčastěji kuželové, vypuklé, nebo vyboulené plochy. Aby mohl soustružník spolehlivě koordinovat oba pohyby zároveň se dříve využívalo šablon a tvarových nástrojů. Takovému soustružení se říká kopírovací. Kopírovací soustružení však bylo již vytlačeno řízením pohybu nástroje na CNC soustruzích. Pro zajištění optimálních výsledků a životnosti nástroje je nutné zajistit i optimální kombinací řezných podmínek, jako jsou řezná rychlost, rychlost posuvu, hloubka řezu a další. [11]

Tím nejzákladnějším parametrem obrábění je řezná rychlost v_c [m/min]. V případě soustružení se řezná rychlost rovná obvodové rychlosti obrobku, resp. rychlosti, kterou se obrobek pohybuje proti břítu. Abychom získali číselnou hodnotu řezné rychlosti, musíme vynásobit obvod obrobku otáčkami vřetene. Tím vznikne rovnice pro řeznou rychlost 1. [11]

$$v_c = \pi \cdot D \cdot n \text{ [m/min]}$$

Rovnice 1; [11]

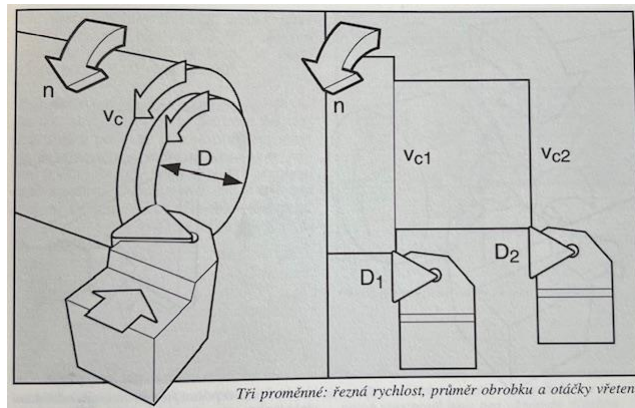
V praxi je ale častěji používána rovnice 2, který je využíván v případech, kdy je za průměr obrobku dosazeno v milimetrech.

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ [m/min]}$$

Rovnice 2; [11]

U řezné rychlosti často narážíme na to, že není konstantní, a to zejména při čelním soustružení. Při práci na konvenčních strojů není možné otáčky vřetene nijak regulovat během práce, dochází tedy k lineární změně řezné rychlosti, která má vliv na kvalitu a integritu povrchu stejně tak, jako na životnost nástroje. V případě práce na CNC strojích je možné otáčky vřetene průběžně měnit na základě průměru obrobku tak, aby byla zajištěna konstantní obvodová rychlost. Tyto regulace jsou ale limitovány otáčkami stroje, proto je udržení stálé obvodové rychlosti problémové u obrobků s malými průměry. [11]

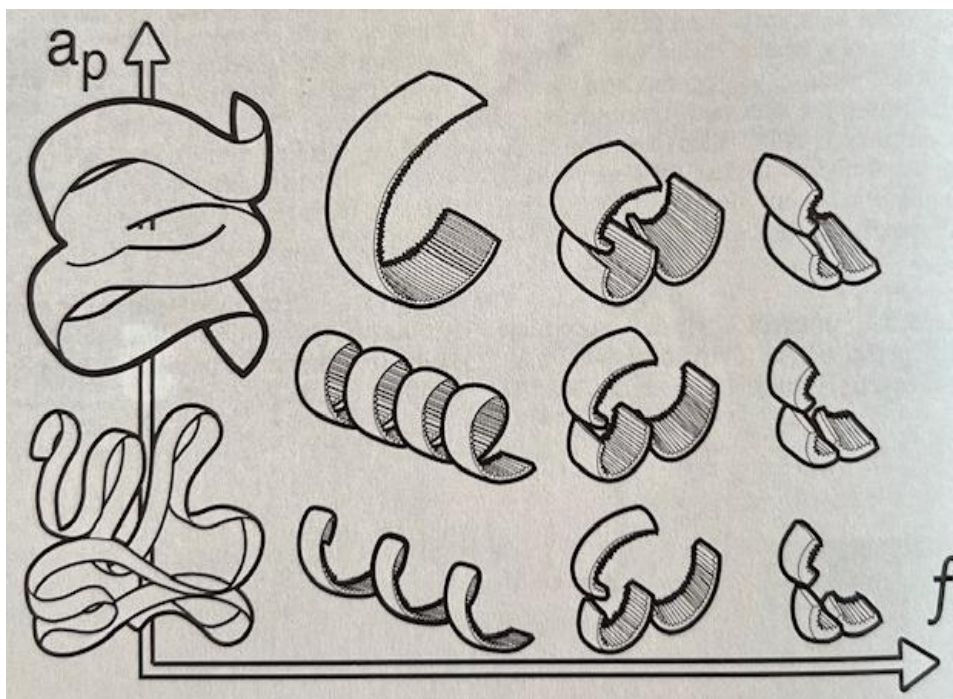
VYBRANÉ TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ



Obrázek 13 Tři proměnné pro výpočet řezné rychlosti [11]

Rychlost posuvu v_f [mm/min] je strojní posuv, jímž je nástroj veden vzhledem k obrobku. Jedná se o klíčovou hodnotu, která určuje jakost obrobenej plochy. Rychlostí posuvu se také ovlivňuje tloušťka třísky, která má zásadní vliv na kvalitu utváření třísky. Často je možné se setkat také s posuvem na otáčku f_n [mm/ot], což je dráha, kterou urazí špička nástroje během jedné otáčky. [11]

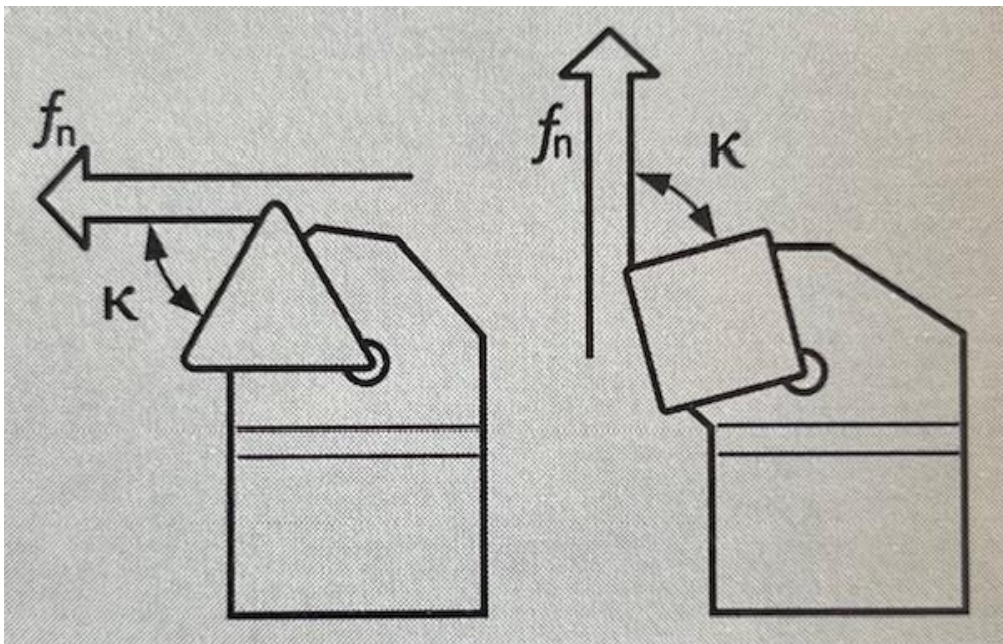
Hloubka řezu a_p [mm] je rozdíl mezi obráběnou a obrobenu plochou. Je velmi důležité rozlišovat průměry a poloměry, které se často pletou. Vezmeme-li jako základ průměr neopracovaného obrobku a odečteme od něho průměr obrobenej obrobku, musíme výsledek vydělit dvěma. Také je při práci na konvenčních strojích nutné předem zjistit, zdali stupnice počítá v hodnotách průměru, nebo poloměru. Vliv kombinace hloubky řezu a rychlosti posuvu na tvar třísky je vyobrazen na obrázku 14. [11]



Obrázek 14 Vliv hloubky řezu a rychlosti posuvu na tvar třísky [11]

VYBRANÉ TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ

Dalším parametrem, který výrazně ovlivňuje obrobek je úhel nastavení hlavního ostří κ . Je to úhel, kterým proniká břít nástroje do obrobku, tedy o úhel mezi hlavním ostřím břitu a směrem posuvu. [11]



Obrázek 15 Úhel nastavení hlavního ostří graficky [11]

Tento úhel je důležitý pro volbu soustružnického nože, jelikož kromě utváření třísky ovlivňuje i směr působení rezných sil, efektivní délku ostří, polohu břitu a jiné. V praxi bývají menší úhly nastavení použity u hrubovacích nožů, zatímco pro dokončovací operace se používají dokončovací nože s vyšším úhlem nastavení ostří. [11]



Obrázek 16 Porovnání nastavení ostří u hrubovacích a dokončovacích nožů [11]

VYBRANÉ TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ

Při použití soustružnického nože obecně platí, že se má pracovat s maximální možnou hloubkou řezu při použití vhodného hospodárneho posuvu. Řezná rychlost slouží ke konečné optimalizaci podmínek. [11]

3.3 Vrtání válcových děr

Vrtání je proces výroby válcových otvorů v obrobkách za pomoci nástroje, nazývaného vrták. Vrták bývá standardně dvoubrýťový, ovšem existují aplikace, u kterých se využívá jednobřýťových vrtáků, nebo naopak vrtáků tří až čtyřbrýťových. Počet brýťů je obecně limitován výrobou, proto výroba vrtáků s větším počtem brýťů, než čtyři není obvyklá. Ovšem u stopkových obráběcích nástrojů je vyšší počet brýťů standardní, běžné frézy se vyrábějí se čtyřmi, osmi, nebo dokonce dvanácti brýťi. U vrtání může být hlavní pohyb konán jak obrobkem, tak nástrojem, případně obojím. Takový proces se nazývá protirotační vrtání. V případě, kdy hlavní pohyb koná nástroj, je obrobek upnut do čelistí sklíčidla, či svěráku, přičemž vrtání je uskutečněno pohybem nástroje do materiálu obrobku. V opačném případě je pevně upnutý nástroj a hlavní pohyb koná obrobek. Nejčastějším případem takového obrábění je vrtání otvorů na soustruhu, kdy je obrobek upnut a vycentrován v čelistech sklíčidla a nástroj v čelistech sklíčidla upnutého v koníku soustruhu. Poslední dva případy vrtání jsou vyobrazeny na obrázku 17. [12]



Obrázek 17 a) - Hlavní pohyb koná nástroj; b) – Hlavní pohyb koná obrobek [13]

U vrtání děr je stejně jako u soustružení důležité se pohybovat ve správné kombinaci řezných podmínek. Mezi hlavní parametry řezu patří řezná rychlost, rychlost posuvu, která má stejně jako u soustružení vliv na tloušťku třísky. Hloubka řezu je u vrtání pevně dána průměrem vrtáku, resp. Jeho poloměrem. [12]

Řeznou rychlost v_c [m/min] při vrtání se vypočítá jako součin obvodové rychlosti vrtáku a otáček. V běžné praxi se ještě tento člen opět vydělí hodnotou 1 000, aby bylo možné průměr vrtáku dosazovat v milimetrech. Tím dostáváme rovnici pro řeznou rychlost vrtání 3. [12]

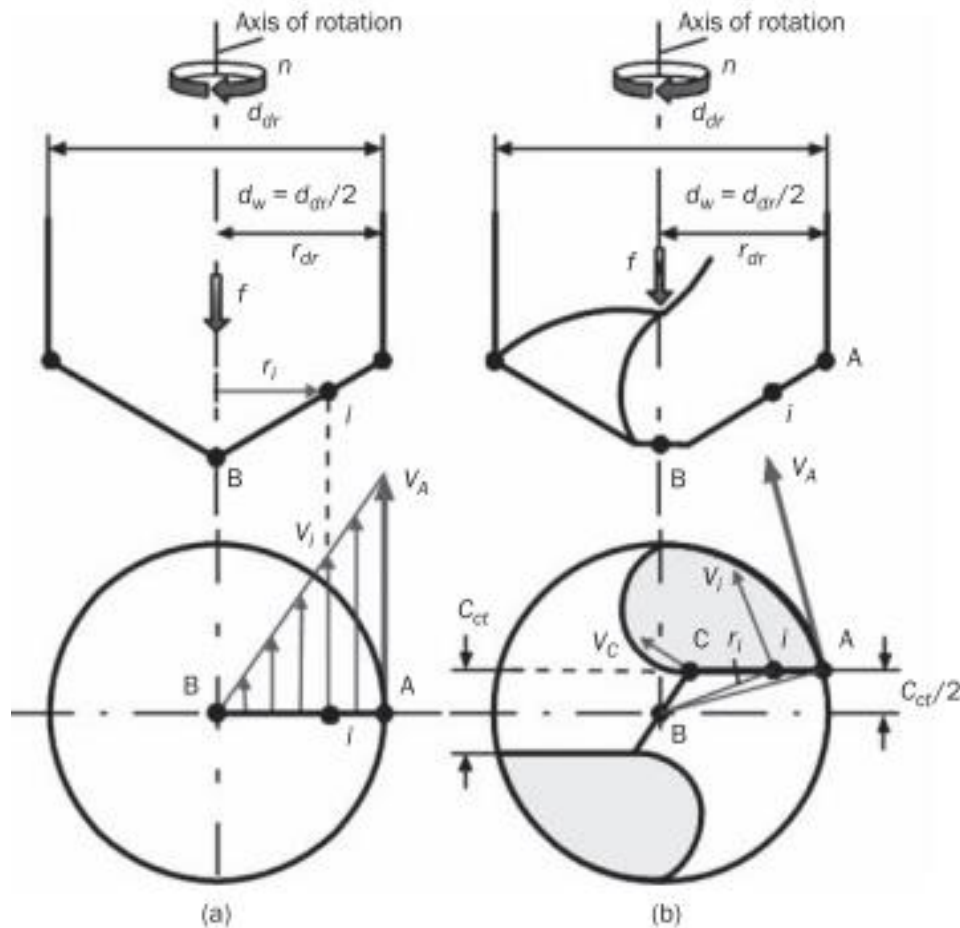
$$v_c = \frac{\pi \cdot D_{\text{vrtáku}} \cdot n}{1000} \text{ [m/min]}$$

Rovnice 3 [12]

Byť se vztah zdá stejný, jako při soustružení, je třeba myslet na to, že řezná rychlost není po celém průřezu vrtáku stejná. Obvodová rychlost se při konstantní úhlové rychlosti s narůstajícím poloměrem lineárně zvyšuje. V odborné literatuře se proto řezná rychlost vrtání připodobňuje spíše vektoru o známé velikosti a směru, zatímco řezná rychlost soustružení

VYBRANÉ TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ

zůstává jako skalár. Z výše uvedeného i vyplývá, že řezná rychlost je v ose vrtáku nulová. Obráběný materiál proto není v ose vrtáku obráběn, ale vytlačěn do stran. To je důvodem vrcholového úhlu 120 stupňů u vrtáků, který je jakýmsi optimem mezi odolností špičky vůči otlačení a odporem proti vrtání. Grafické vyobrazení řezné rychlosti vrtání je vyobrazeno na obrázku 18. [12]



Obrázek 18 Grafická závislost řezné rychlosti na poloměru [12]

U rychlosti posuvu v_f [mm/min] je princip stejný, jako u soustružení. Jedná se tedy o strojní posuv, kterým je nástroj veden proti obrobku. Častější je ale také udávat posuv na otáčku f_n [mm/ot], což je dráha, kterou urazí špička nástroje během jedné otáčky. U vrtání můžeme také posuv udávat z tzv. posuvu na zub, který dostaneme podílem posuvu na otáčku počtem zubů. Tento parametr je pro vrtání nejužitečnější, jelikož nejlépe reflektuje vliv zatížení zubů. [12]

VYBRANÉ TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ

3.4 Řezání závitů pomocí závitníků

V případě vyřezání závitu je důležité vybrat správný typ závitníku. V dnešní době se používají 2 typy závitníků, a to pro slepou, nebo průchozí díru. Volba správného závitníku je kritická, pokud by byl pro vyřezání závitu do slepé díry použit závitník pro díry průchozí, nejen že by závit nebyl správně dořezaný až do konce, ale také by hrozilo jeho poškození, až prasknutí z důvodu špatného odvodu třísky. Závitník pro průchozí díry je navržen tak, aby třísky tlačil před sebou, nikoliv zpětně, jako u závitníku pro slepé díry. Porovnání závitníků je vyobrazeno na obrázku 19.



Obrázek 19 Srovnání závitníků pro jednotlivé typy děr [26]

Při řezání závitů je doporučeno využívat rezných olejů, nebo past, jelikož při řezu vzniká velké množství tepla, které může zapříčinit zaseknutí závitníku. V horších případech může vést i k jeho zalomení, což často způsobí vyzmetkování celé součásti, jelikož extrakce zalomených závitníků z děr bývá velmi složitá a nákladná. Jedním z bezpečnějších způsobů extrakce je vyjiskření, které ale také může v jistých případech nenávratně poškodit stěnu díry. Proces vyjiskřování je vyobrazen na obrázku 20. [13]

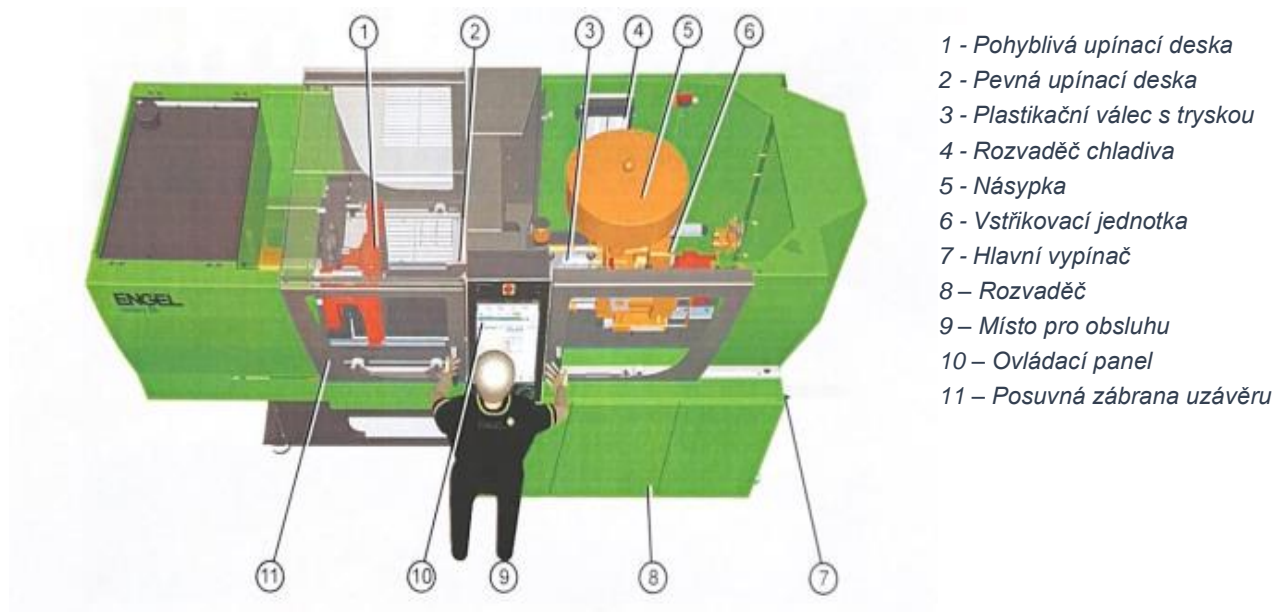


Obrázek 20 Vyjiskření zalomených nástrojů v dírách [13]

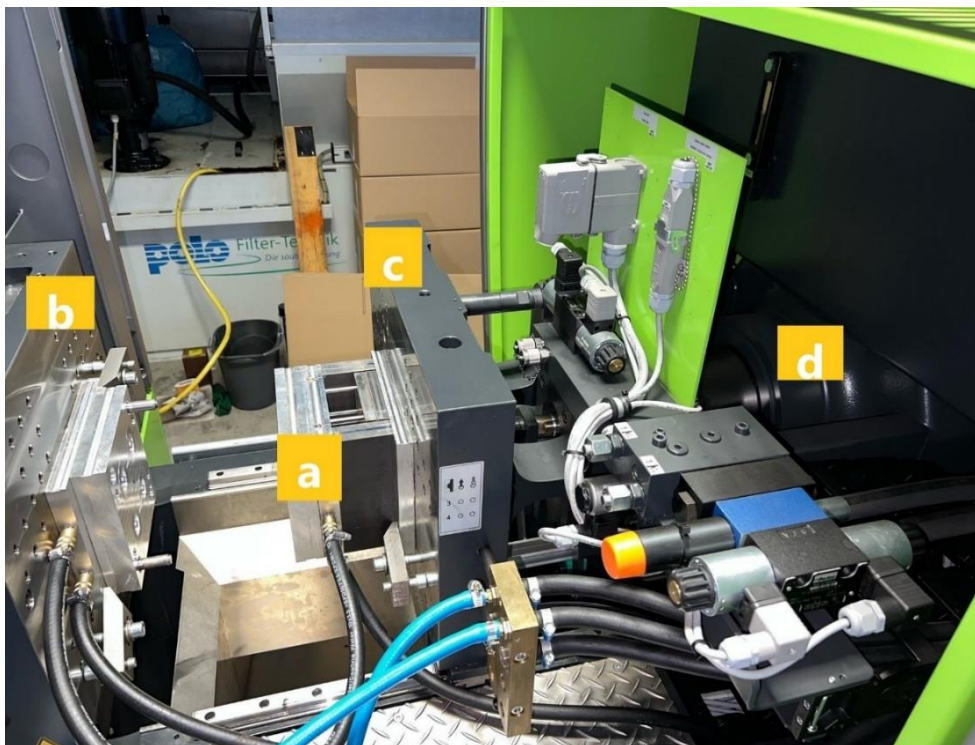
4 VYBAVENÍ TECHNI-TRADE

4.1 Bezsloupkový vstříkovací lis ENGEL Victory 200/50

Ve výrobní halespolečnosti Techni-Trade je k dispozici bezsloupkový vstříkovací lis ENGEL Victory 200/50. Schématický náčrt a popis jednotlivých částí tohoto lisu je vyobrazen na obrázcích 21 a 22.



Obrázek 21 Schéma lisu ENGEL Victory 200/50 [14]



Obrázek 22 Konstrukce lisu ENGEL Victory 200/50

VYBAVENÍ TECHNI-TRADE

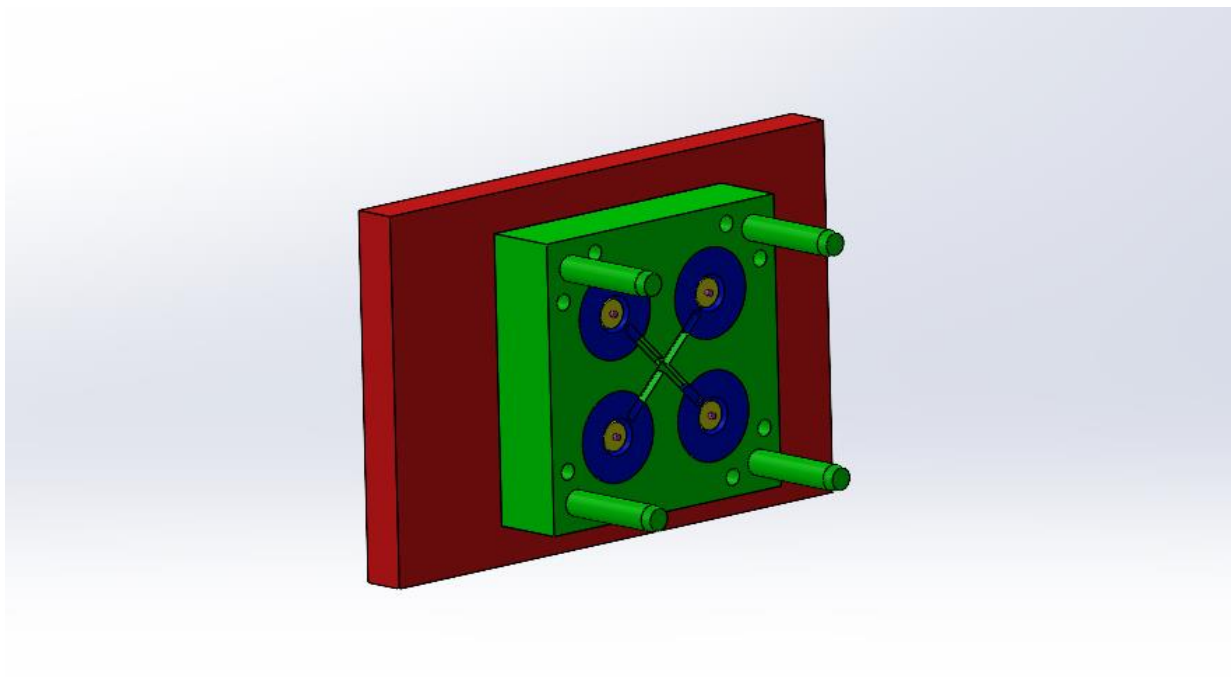
Parametry lisu, které je potřeba znát pro návrh formy a vložek jsou uvedeny v tabulce 1. Zdrojem informací je technická specifikace od výrobce ENGEL. [14]

Tabulka 1 Tabulka vhodných parametrů lisu [14]

Uzavírací síla	500 kN
Min. výška formy	200 mm
Max. výška forma	600 mm
Plocha upínacích desek h x v	500 x 450 mm
Dráha vyhazovače	100 mm
Max. hmotnost formy	300 kg
Max. objem dávky	99 cm³

4.2 Dvoudesková forma lahvičkových aplikátorů, kontrola nastavených procesních parametrů

K výrobě lahvičkových aplikátorů je k dispozici dvoudesková čtyřnásobná forma s výměnnými vložkami. U návrhu formy bylo počítáno s tím předpokladem, že upínací část aplikátorů zůstane zachovaná, zatímco měnit se bude pouze část aplikační skrze výměnné vložky. Proto je forma navržena tím způsobem, že dutina pro upínací část se zároveň je součástí pohyblivé části formy, jelikož u té by bylo velmi obtížné měnit vložky společně s vyhazovacím mechanismem. Vložky, které budou tvořit aplikační část budou jednoduše výměnné a součástí pevné části formy. Tato forma je využívána již řadu let, není tedy příliš pochyb o jejím návrhu, bude proto provedena pouze zpětná kontrola.

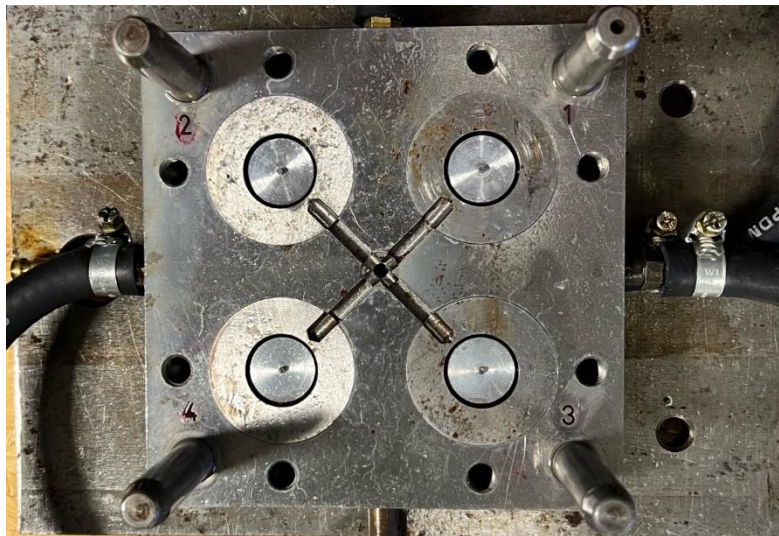


Obrázek 23 Schématické vyobrazení sestavy pevné části formy

Červená barva – upínací deska, Zelená barva – deska formy s otvory pro vložky, Modrá barva – vložky formy, Žlutá barva – hliníková jádra vložek, Fialová barva – stavitelné jehly

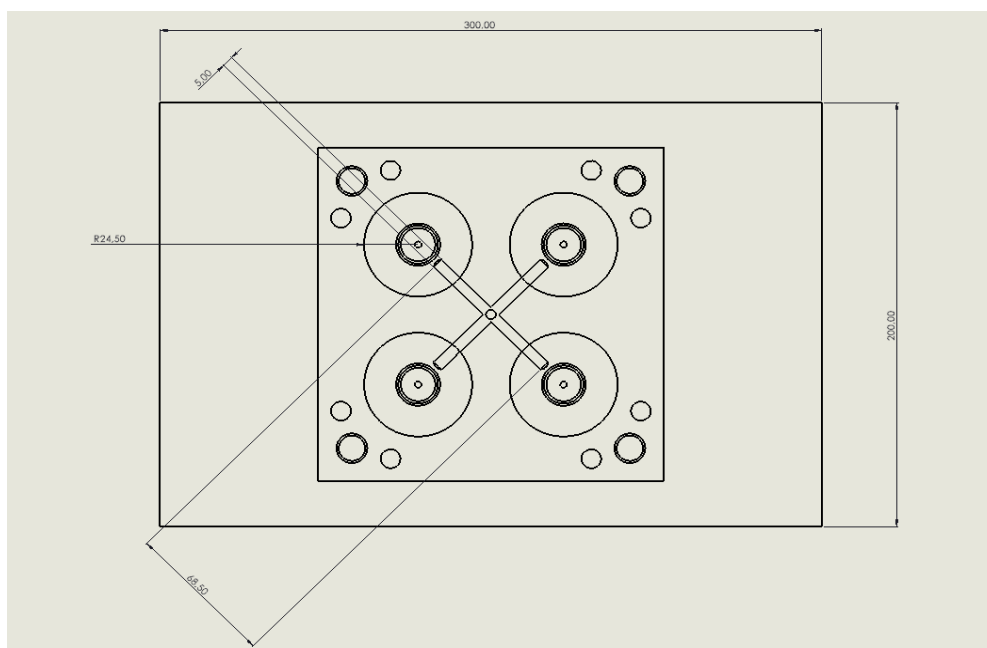
VYBAVENÍ TECHNI-TRADE

Na obrázku 23 je vyobrazena sestava pevné části formy s výměnnými vložkami, která bude využita pro další výpočty. Na schématickém obrázku jsou zanedbány otvory pro chlazení a samotné periferie spojené s chlazením formy. Reálná sestava je vyobrazena na obrázku 24.



Obrázek 24 Reálná sestava pevné části formy

Prvním parametrem pro kontrolu je uzavírací síla, která je potřebná pro udržení formy v zavřeném stavu při dosažení vstřikovacích tlaků a tlaku nastaveném při dotlaku. Je standardem, že pro jednu formu je určena jedna hodnota uzavírací síly, která musí zahrnout všechny možné kombinace vložek. Pokud bychom sílu s každou vložkou měnili, měnila by se tím i výška forma vlivem rozdílných tlakových deformací, které by musel seřizovač přenastavit. Uzavírací sílu tedy vypočteme na základě maximální průmětné plochy kolmé na vedení lisu, aby byly bezpečně pokryty všechny možné kombinace. K výpočtu bude ještě potřeba maximální dosažený tlak při vstřiku, nebo dotlaku. Při výpočtu se bude vycházet z rozměrů uvedených na obrázku 25. [1]



Obrázek 25 Nákres sestavy obsahující potřebné rozměry

VYBAVENÍ TECHNI-TRADE

Maximální plocha se vypočte z průmětné plochy vtoku a maximálního průměru výlisku ve vložce, který odpovídá 48,8 mm.

$$S_{max} = 4 \cdot \frac{\pi \cdot D_{max}^2}{4} + h_{vtok} \cdot (l_{vtok} + l_{vtok} - h_{vtok}) = 8,2 \cdot 10^{-3} m$$

Rovnice 4 [1]

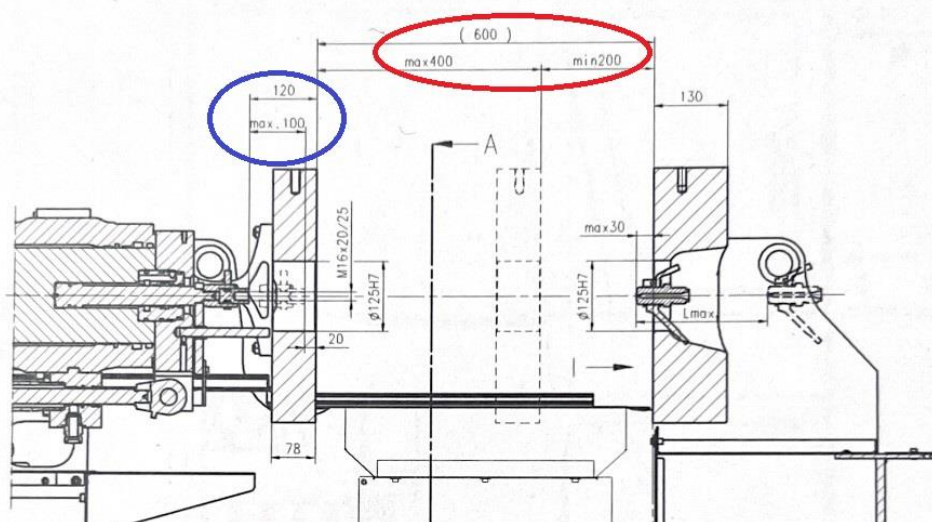
Maximální tlak je nastavitelný v parametrech stroje, u těchto dílů je nastaven na 220 bar.

$$F_{uzavírací} = p_{max} \cdot S_{max} = 180,4 \text{ kN}$$

Rovnice 5 [1]

Pro zajištění bezpečného chodu se doporučuje počítat rezervou deset, až patnáct procent, proto je u lisu nastavená uzavírací síla 200 kN. V případě, že by uzavírací síla nebyla dostatečná, mohlo by dojít k odtlačení desek při vstřikovací fázi, což by způsobilo výrazné přetoky, o které by se forma následně omačkala ve fázi dotlaku a chlazení. Toto může vést k omačkání desek formy, a tedy k jejímu vyřazení z provozu a nutnosti opravy. Pro využití plného potenciálu stroje je možné uzavírací sílu zvýšit až na 800 kN. Při vypočtené ploše z rovnice 1 je možné dojít k maximálnímu možnému vstřikovacímu tlaku, který odpovídá přibližně 1000 bar. Základový rám lisu je vyroben ve tvaru do C, viz. obrázek 11. To s sebou nese výhody v oblasti manipulace s formou, oproti tomu také vyšší deformace rámu pod zatížením, tzv. rozevření lisu. Dlouhodobé lisování s maximální uzavírací silou se proto nedoporučuje, jelikož vede k rychlejšímu trvalému opotřebení rámu vstřikolisu. Pokud tedy výlisek nevykazuje žádné vady, ať už hmotnostní, nebo tvarové, není optimální vstřikovací tlak dále zvyšovat i za předpokladu, že to stroj dokáže krátkodobě unést.

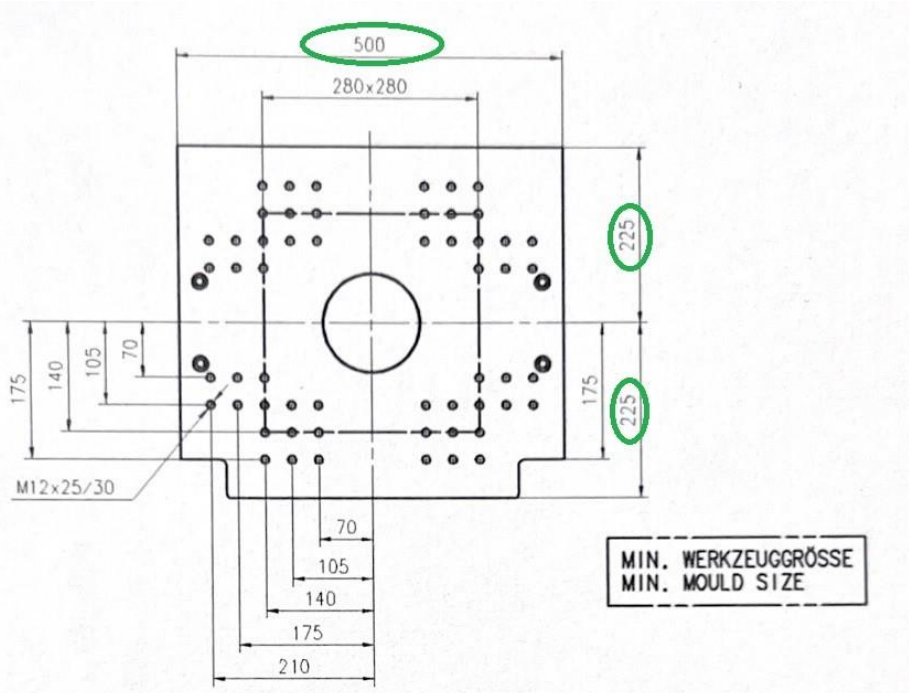
Další parametr pro kontrolu je výška formy. Výškou formy se rozumí vzdálenost pohyblivé desky stroje, od pevné desky po dosednutí formy pod uzavírací silou. Konečná výška formy s ohledem na uzavírací sílu je určena strojem, a to konkrétně jako 221,8 mm. Znamená to tedy, že se nacházíme bezpečně v pracovní oblasti stroje určené jako 200–600 mm. Rozměrové kóty výšky formy jsou označeny na obrázku 26 červeně.



Obrázek 26 Výběr z výkresové dokumentace výrobce [14]

VYBAVENÍ TECHNI-TRADE

Plocha upínacích desek je také bezpečně dodržena, aktuálních 300 x 200 mm ani jedním rozměrem nepřesahuje daný rozměr stroje 500 x 450 mm. Rozměrové kóty desek stroje jsou označeny na obrázku 27 zeleně.

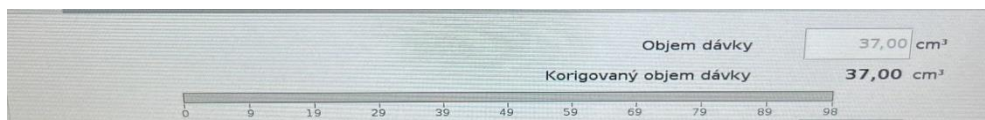


Obrázek 27 Výběr z výkresové dokumentace výrobce [14]

Dráha vyhazovače je navržena u pohyblivé části formy na 35 mm pro každý typ aplikátoru, vyhazovač je tedy navržen s více jak dvojnásobnou bezpečností. Rozměrové kóty dráhy vyhazovače jsou označeny na obrázku 26 modře.

Objem dávky závisí na konkrétním dílu a pro musí se pro každý díl nastavovat zvlášť. Je možné jej získat za pomoci softwarů CAD, které dokáží vypočítat objem vymodelovaného dílu. Zároveň je ale potřeba vypočítat a k objemu dílu přičíst i objem vtokového systému.

Výsledný objem je ale pouze orientační, konečný objem dávky zadaný do řídicího systému lisu bude vždy vyšší z důsledku smršťování materiálu. Výsledný objem tedy bude přesně určen až experimentálně seřizovačem vstřikolislu. Zadávací okno pro určení objemu dávky z pohledu seřizovače je zobrazeno na obrázku 28.



Obrázek 28 Okno k zadávání dávky v řídicím systému lisu

5 APLIKÁTORY PRŮMYSLOVÝCH KAPALIN

5.1 Automobilový průmysl, výrobní proces autoskla

Na konci roku 2023 byl automobilový průmysl jedním z hlavních průmyslových odvětví v České Republice, které zastává více než třetinu celkového hospodářství a přímo zaměstnává přibližně 120 000 zaměstnanců. Tím jsou zahrnuti zaměstnanci automobilek, i jejich dodavatelů. Za tento rok automobilky zaznamenaly meziroční růst v produkci o více, jak 16 % s počtem 1,3 milionu vyrobených automobilů. [15]

S růstem produkce se zvyšují i nároky na efektivitu produkce, které se dále přenášejí na dodavatele a tím i na jejich sub-dodavatele. Jedním ze sub-dodavatelů je i společnost Techni-Trade s.r.o., která spolupracuje již řadu let s největšími českými dodavateli komponent pro automobilky, jako jsou například AGC v Chuděřicích, Saint-Gobain v Hořovicích, Plasman ve Strakonících a mnoho dalších. Do dodávaného sortimentu patří mimo jiné i tzv. aplikátory průmyslových kapalin na autoskla, kterými se tato práce zabývá.

Je běžnou praxí automobilkám dodávat autoskla již v připraveném stavu k montáži na lince. Aby mohlo být autosklo v připraveném stavu k montáži, musí být u dodavatele vyrobeno, zakaleno, opatřeno plastovými profily, funkčními, nebo okrasnými lištami a případně i opatřeno jinými prvky. Výrobní proces takového skla se skládá ze tří fází, z enkapsulace, extruze a z finiše. Během enkapsulace je na obvod skla a na plochy pro piny pomocí aplikátorů aplikován aktivátor, který plní funkci silného odmašťovadla a následně primer, který aktivací povrchu napomáhá k dosažení dostatečné adhezi vstříkovaného plastu ke sklu. V zájmu zvýšení efektivity produkce se v posledních letech aktivátor a primer sloučil do jedné složky, které zůstal název primer. V další fázi se sklo dostane na dopravník, který vede do pece, kde je sklo ohřáto na procesní teplotu. Tento ohřev eliminuje teplotní šoky, které by mohly vést k případným prasklinám na skle. Ohřáté sklo je robotickým ramenem vsazeno do formy vstříkolisu, který na sklo obstříkne požadované profily. V poslední fázi se sklo dostává na finiš, kde jsou manuálně odstraněny přetoky, nalepeny piny, případně provedeny i jiné dokončovací operace, jako již zmíněné pájení antén a montáž držáků, pro zabudování skel do dveří vozu. [16]



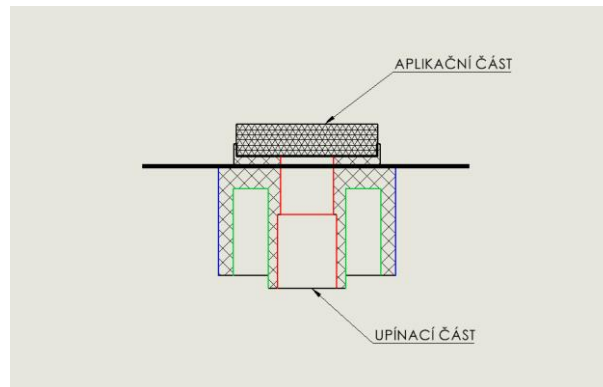
Obrázek 29 Dokončovací práce na autoskle [27]

APLIKÁTORY PRŮMYSLOVÝCH KAPALIN

5.2 Aplikátory Techni-Trade

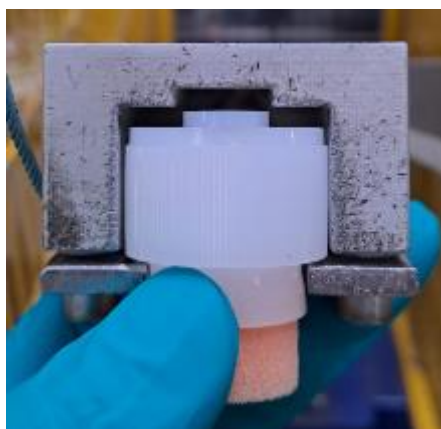
Aplikátor nese svůj název od slova aplikovat, neboli nanášet, jelikož jeho hlavním využitím je nanášení chemikálií v kapalném stavu na určený povrch. Tlak na efektivitu výroby vede k tomu, že dodavatelské společnosti se snaží co největší část produkce robotizovat. Stále ale existují menší projekty, u kterých se nevyplatí produkci robotizovat a místo toho se primer nanáší ručně.

Aplikátory se dělí podle dvou kritérií, a to podle upínací části a části aplikační. Podle upínací části aplikátory dělíme na robotické, tvořené z HDPE a lahvičkové, tvořené z LDPE. Podle aplikační části se dělí na aplikátory s filcem, na houbičkové aplikátory a na štětcové aplikátory.



Obrázek 30 Řez robotickým aplikátorem

Upínací část robotických aplikátorů, vyznačená na obrázku 30 červeně, je navržena podle upínací trysky. Spoj trysky s aplikátorem plní funkci jak upínací, tak i těsnící. Jelikož robotické rameno trysku do aplikátoru pouze nalisuje, musí se jednat o uložení s přesahem. U vstříkovaných dílů z HDPE je velmi obtížné dosáhnout větších přesností, než $\pm 0,03$ mm, proto je přesah upínacího otvoru navržen relativně veliký, a to v rádech desetin milimetru. Pro zajištění dostatečné poddajnosti upínací trubice je v aplikátoru navržena kapsa ve tvaru mezikruží, která je obrázku 30 vyobrazena zeleně. Vzhledem ke vzniklému radiálnímu napětí je tloušťka stěny omezena pevností materiálu, minimální tloušťka stěny se proto kontroluje pomocí teorie silnostěnných nádob. Vnější kontura, na obrázku 30 vyznačena modře, je určena otvorem v zásobníku u zákazníka. Jediný kladený požadavek na vnější povrch je rýhování, které zajišťuje dostatečné tření v kleštině, která aplikátor na trysce otáčí. Toto otočení se

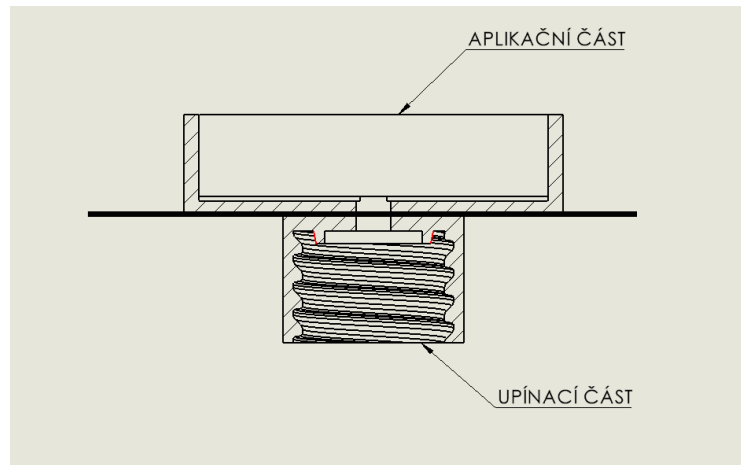


Obrázek 31 Zásobník aplikátorů

APLIKÁTORY PRŮMYSLOVÝCH KAPALIN

využívá pro kompenzaci trvalých deformací aplikačního prostředku, povětšinou filcu, které vznikají aplikací částí průřezu.

Upínací část lahvičkových aplikátorů je navržena pro kombinaci s hrdlem lahvičky, které je opatřeno závitem. Upínací funkci tedy pochopitelně zajišťuje závit, těsnící funkci zajišťuje kuželové osazení na dně závitu, na obrázku 32 vyznačeno červeně. Toto osazení je osovou silou vyvozenou závitem stlačeno do hrdla lahvičky, díky tomu vznikne spoj, který utěsní aktivátor, nebo primer v lahvičce a nedojde tak k nechtěnému úniku. Na vnější konturu je opět kladen pouze požadavek na rýhování, které vyloučí případné prokluzování aplikátoru při zašroubovávání.



Obrázek 32 Řez lahvičkovým aplikátorem

U aplikátorů s filcem je aplikačním prostředkem filc, neboli plstěný tampon. U robotických aplikátorů je aplikační prostředek přilepen k plastovému výlisku aplikátoru. Oproti tomu u lahvičkových aplikátorů je aplikační část výměnná. Tampon je vyměňován zhruba 8x častěji, než plastový výlisek.

Tento tampon může být vyroben z přírodní karbonizované vlny, která má svoji charakteristicky nažloutlou barvu. Účelem karbonizace u vlny je odstranění nečistot rostlinného původu za pomoci krátkého smočení vlny v kyselině, nejčastěji H_2SO_4 , nebo HCl . Za tuto krátkou dobu, zhruba 15 minut, dojde k úplné degradaci rostlinných nečistot, tedy k zuhelnatění, zatímco u vlny k degradaci dojít nestihne. Zuhelnatělé zbytky se po opláchnutí z vlny jednoduše vyklepou. [17]

Nevýhodou této přírodní vlny je množství malých chloupků, které po sobě plst' zanechává. Tento problém je možné omezit přidáním syntetických vláken do plsti. Taková plst' je



Obrázek 33 Přírodní plst' (vlevo); Přírodní s přím. syn. vlákny (uprostřed); Syntetická (vpravo)

APLIKÁTORY PRŮMYSLOVÝCH KAPALIN

označována jako plst' s příměsí syntetických vláken. Poměr přírodní vlny a vláken z umělé hmoty může být samozřejmě různý, v závislosti na použití. Poslední a nejnákladnější variantou plstí je plst' tvořena pouze syntetickými vlákny. Tato plst' je pro použití s aktivátory a primery nejžádanější díky své rozměrové stálosti, chemické odolnosti a u vyšších hustot také odolnosti proti otlacení. Pokud je u aplikačního prostředku vyžadována vyšší tvarová poddajnost, využívá se tampon vyroben z chemicky odolné pěny. Jedním z možných pěnových materiálů je polyuretanová pěna značená zkratkou PUR. Příklad využití pěnového tamponu u aplikátoru je vyobrazen na obrázku 34.



Obrázek 34 Aplikátor s pěnovým tamponem

Jako poslední aplikační prostředek jsou považovány štetcové hlavičky tvořené nejčastěji kozinou. Takové aplikátory jsou relativně nákladné, přibližně 3x dražší, než s filcem a využití najdou ve velmi úzkém spektru použití, nejčastěji u špatně přístupných kanálek. Proto je jejich odběr malý, v řádech stovek. Schématické vyobrazení štetcového aplikátoru je na obrázku 35. [18]



Obrázek 35 Štetcový aplikátor [18]

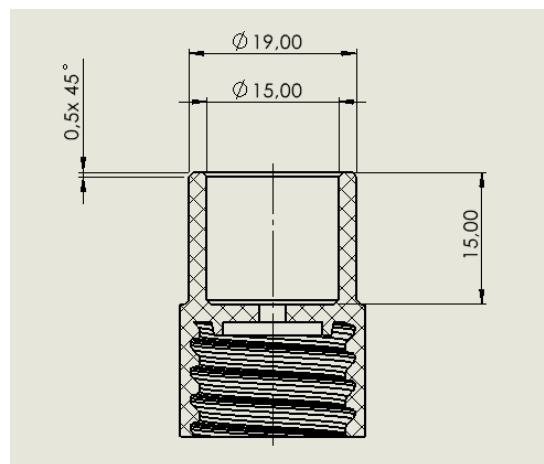
Cílem této práce je návrh a výroba vložky formy vstřikolisu, pomocí které bude umožněna výroba lahvičkových aplikátorů s novým průměrem válcové dutiny pro pěnové tampony.

6 KONSTRUKČNÍ NÁVRH VLOŽEK

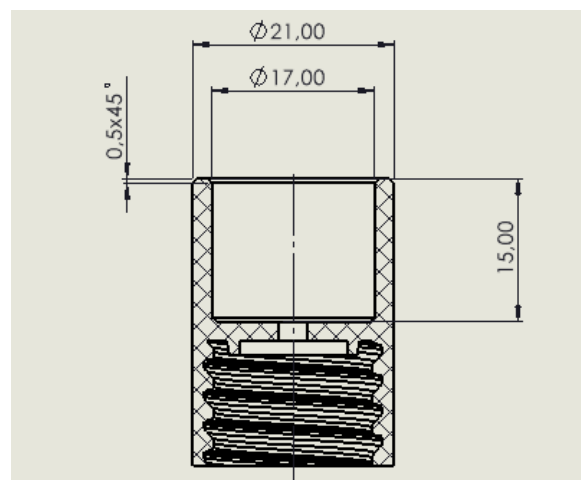
6.1 Analýza stávajících vložek a požadovaného dílu

Navrhovaný aplikátor je určen pro kombinaci s hrdlem primerovací lahvičky. To znamená, že upínací část se závitem zůstane neměnná oproti ostatním druhům. K návrhu tedy zbývá pouze aplikační část, definovaná výměnnými vložkami. Jednotlivé druhy aplikátorů se označují podle charakteristických rozměrů aplikačního prostředku, který v kombinaci s nimi bude využit. To znamená, že pokud je aplikačním prostředkem filc ve tvaru hranolu o aplikačním průřezu 15x6 mm, aplikátor je také značen jako 15x6 mm. Jelikož je filc výměnný bez jakéhokoliv způsobu lepení, či fixace v těle aplikátoru, je potřeba využít přesahu, který po nalisování udrží. Proto vlastní průřez dutiny v aplikátoru pro filc bude v tomto případě 14,6x5,6 mm. V případě, že aplikačním prostředkem má být PUR pěna, dostatečný přesah by odpovídal 14x5 mm, tedy ještě o 0,6 mm více.

Aplikátor, který je třeba navrhnout má za úkol nanášet primer pomocí tamponu z PUR pěny o průměru 16 mm. Pro analýzu byl vybrán typově co nejbližší možný aplikátor, a to ten pro tampony z PUR pěny o průměru 18 mm. Vybrané části výkresové dokumentace tohoto aplikátoru jsou vyobrazeny na obrázku 36.



Obrázek 36 Nákres nového aplikátoru 16 mm



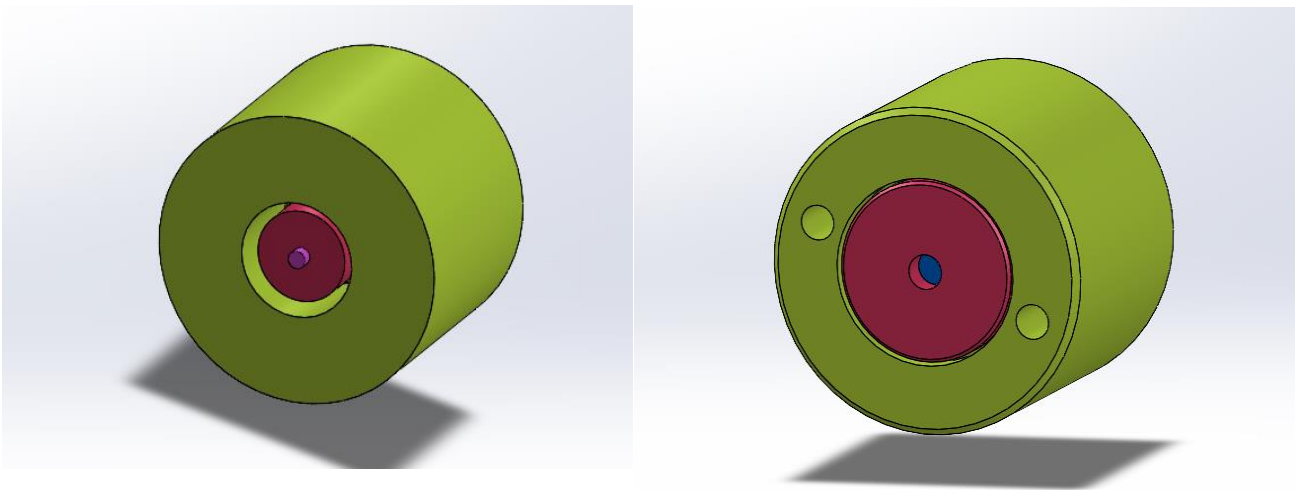
Obrázek 37 Nákres výchozího aplikátoru 18 mm

KONSTRUKČNÍ NÁVRH VLOŽEK

6.2 Návrh rozměrů nových vložek

Koncept nového aplikátoru zůstává zachován, provede se změna pouze ve vnitřním a vnějším průměru dutiny pro pěnový tampon. Díky velké podobnosti obou dílů je možné k návrhu vložek přistoupit tak, že budou převzaty všechny rozměry, které není zapotřebí měnit. Na výkresech *Lůžko* a *Jádro* v příloze jsou specifikovány ocelové vložky společně s hliníkovým jádrem pro aplikátor o nominálním průměru 18 mm. Zároveň jsou na obou výkresech vyznačeny červenou barvou kóty rozměrů, které budou potřeba navrhnout nové.

Výměnné vložky se budou skládat z několika částí, a to konkrétně z lůžka, jádra, jehly a stavěcího šroubu, neboli červíka. Bude se tedy jednat o sestavu. Nejdříve je potřeba si určit, které součásti je možné pořídit jako normalizované díly a které součásti je nutné vyrobit. Z praxe je vždy výhodnější využít co nejvíce standardizovaných dílů, jelikož tyto díly jsou vyráběny velkosériově, tedy představují mnohem menší náklady oproti kusové výrobě. Z naší sestavy je možné u dodavatelů pořídit stavěcí šroub, i jehly, které jsou broušené na přesný průměr. Návrh i výrobní postup se proto bude zabývat pouze vložkou a jádrem. Kompletní sestava výměnné vložky s popisem částí je vyobrazena na obrázku 38.

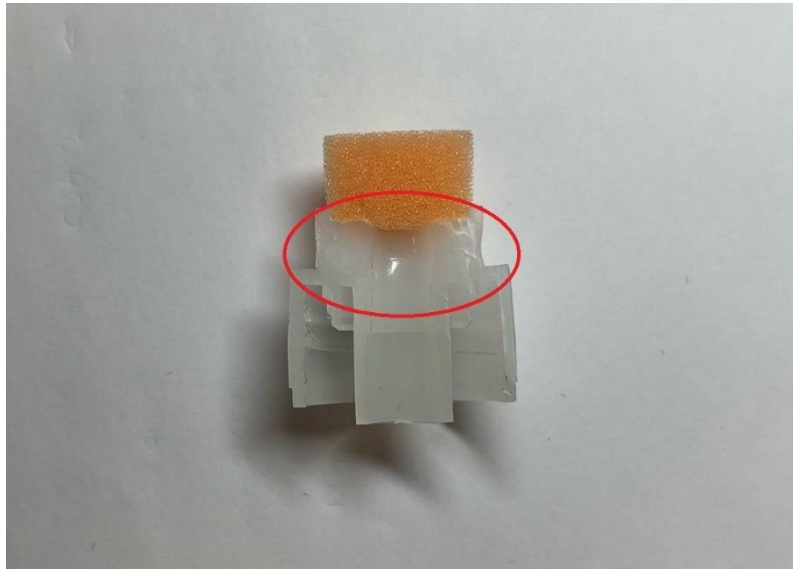


Obrázek 38 Žlutá barva – lůžko; Červená barva – jádro; Fialová barva – jehla; Modrá barva – stavěcí šroub

Při vstřikování termoplastů má na celkovou podobu vylisku vliv několik technologických parametrů. Ty mohou ovlivnit jak rozměr výsledného dílu, tak i jeho objem a tím i hmotnost. U každé sériové výroby se klade důraz zejména na objem produkce, oproti tomu ale také na stálost výrobku, neboli jeho opakovatelnost. Běžně se tedy stává, že seřizovač hledá jakési optimum, kdy chce dosáhnout nejkratší možné doby cyklu, aniž by ještě vylisek v delším horizontu vykazoval jakékoliv vady. Správným vlastnostem vylisku po vylisování napomáhají zejména parametry jako tlak a doba dotlaku. Tyto parametry, pokud jsou správně zvoleny, jsou schopné rozměrové i objemové vady téměř úplně eliminovat. Jednu vlastnost plastů ale i dotlakem úplně eliminovat nelze, a to smrštění materiálů po zchladnutí. Díky velmi obtížné eliminaci smrštění je nutné s ním počítat už při návrhu rozměrů dutiny formy. [1]

KONSTRUKČNÍ NÁVRH VLOŽEK

Smršťováním u plastů je označována objemová změna výlisku po jeho zchladnutí. Vliv na tento jev má hned několik faktorů, jako např. druh materiálu, tloušťka stěny, konstrukce vtokové soustavy, teplota formy, teplota taveniny anebo také postavení rozměru vůči vtoku (napříč, nebo podélně). Důsledek mrštění materiálu je uveden na obrázku robotického aplikátoru 39.



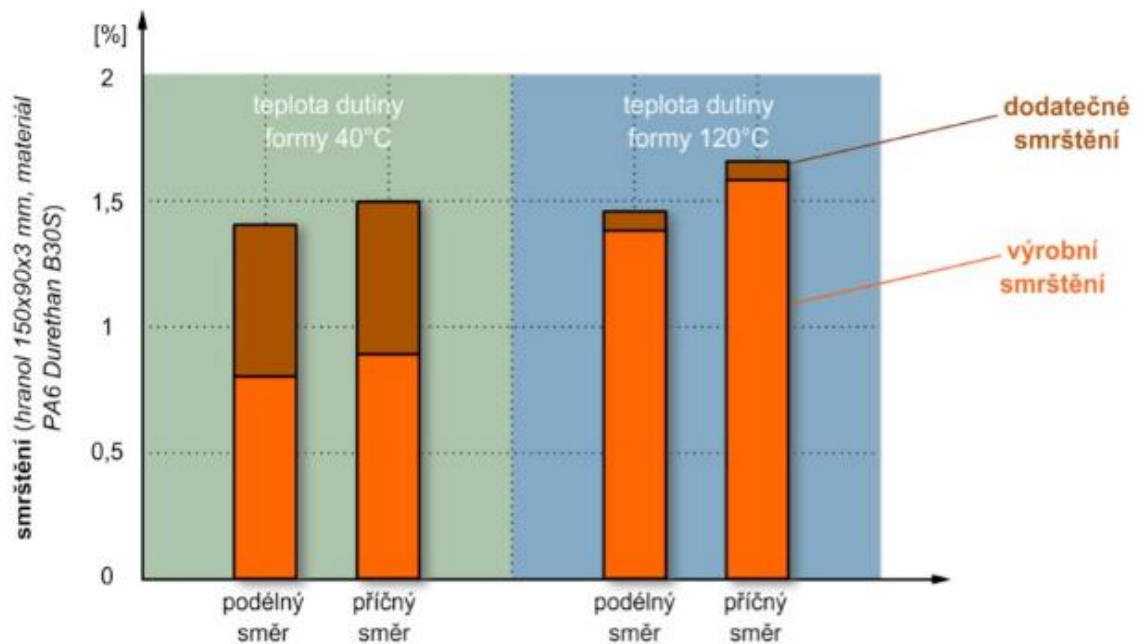
Obrázek 39 Smrštění robotického aplikátoru

Součástí materiálového listu od výrobce LyondellBasell je i hrubá procentuální hodnota smrštění. Hodnoty uvedené v materiálovém listu granulátu LDPE s konkrétním označením výrobce LUPOLEN 1800 H, které budeme potřebovat při návrhu parametrů vstřikování potřebovat, jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2 Materiálové vlastnosti materiálu LUPOLEN 1800 H [19]

Teplot tání	108 °C
Doporučená procesní teplota	180-230 °C
Hustota	0,919 g/cm³
Nasákavost	≈ 0,05 %
Podélné smrštění	≈ 2,2 – 3,6 %
Příčné smrštění	≈ 2,0 – 3,0 %

Vzhledem k tomu, že smrštění ovlivňuje více faktorů, je velmi těžké odhadnout jeho přesnou procentuální hodnotu dopředu. Téměř vždy se jedná o konstruktérův odhad, který musí být natolik přesný, aby již bylo možné koncový rozměr odladit parametry vstřiku. Celkové smrštění dílu se dá rozdělit do dvou částí, na smrštění primární a sekundární, nebo také výrobní a dodatečné. Za primární smrštění se považuje rozměrová změna výrobku, která nastala do 24 hodin od vylisování. Za sekundární smrštění, vznikající zejména díky relaxaci materiálu a uvolňování vnitřního pnutí, se považuje objemová změna výrobku, která nastala po 24 hodinách od vylisování. Není lehké odhadnout, kdy smrštění dosáhlo své konečné fáze, pro realizaci výpočtů se se uvažují rozměry výlisku po uplynutí 10 dnů, tedy 240 hodin. Na vstřikovacích parametrech závisí i poměr primárního/sekundárnímu smrštění. Závislost teploty na smrštění je vidět na obrázku 40. [1]



Obrázek 40 Závislost smrštění na přehřátí formy [1]

Vzhledem k tomu, že jsou k dispozici jak rozměry vložek pro aplikátory o nominálním průměru 18 mm, tak i samotné aplikátory, které bezpečně přesáhly i dobu pro určení dodatečného smrštění, můžeme pomocí rovnice 6 dopočítat dostatečně přesné procentuální hodnoty smrštění, které můžeme přenést pro návrh vložek nových. [1]

$$S = \frac{X_D - X_V}{X_D} \cdot 100 \text{ [%]}$$

Rovnice 6; [1]

kde:

X_D = Rozměr dutiny v mm

X_V = Rozměr výrobku v mm

Úpravou vzorce dostaneme rovnici 7, potřebnou pro výpočet rozměru dutiny, při známém požadovaném rozměru výrobku a dopočteného smrštění.

$$X_D = \frac{X_V}{\left(1 - \frac{S}{100}\right)} \text{ [mm]}$$

Rovnice 7; [1]

kde:

S = Vypočtené smrštění v %

X_V = Rozměr výrobku v mm

Na výkresech *Lůžko* a *Jádno* v příloze jsou označeny kóty, které je potřeba navrhnout písmeny alfa, beta, gama a delta.

KONSTRUKČNÍ NÁVRH VLOŽEK

Návrh rozměru α :

$$S_1 = \frac{X_D - X_V}{X_D} \cdot 100 = \frac{21,50 - 21}{21,50} \cdot 100 = 2,326 \%$$

Rovnice 8

$$\alpha = \frac{19}{\left(1 - \frac{2,326}{100}\right)} = 19,5 \text{ mm}$$

Rovnice 9

Návrh rozměru β :

Vzhledem k tomu že tloušťka stěny zůstane oproti výchozímu aplikátoru stejná, můžeme rozměr β odvodit z rozměru α . Pro výchozí vložku platí:

$$\alpha - \beta = 21,5 - 19,6 = 1,9 \text{ mm}$$

Rovnice 10

Pro nové lůžko tedy platí:

$$\beta = \alpha - 2,4 = 19,5 - 1,9 = 17,6 \text{ mm}$$

Rovnice 11

Návrh rozměru γ :

Vzhledem k tomu že tloušťka stěny zůstane oproti výchozímu aplikátoru stejná, můžeme rozměr γ odvodit z rozměru β . Pro výchozí jádro platí:

$$\beta - \gamma = 19,6 - 19,5 = 0,1 \text{ mm}$$

Rovnice 12

Pro nové jádro tedy platí:

$$\gamma = \beta - 0,1 = 17,6 - 0,1 = 17,5 \text{ mm}$$

Rovnice 13

Návrh rozměru δ :

$$S_3 = \frac{X_D - X_V}{X_D} \cdot 100 = \frac{17,4 - 17,0}{17,4} \cdot 100 = 2,299\%$$

Rovnice 14

$$\delta = \frac{15}{\left(1 - \frac{2,299}{100}\right)} = 15,4 \text{ mm}$$

Rovnice 15

6.3 Návrh vhodných materiálů jednotlivých komponent

Poslední částí, kterou je třeba navrhnout jsou materiály, které budou pro výrobu vložek vhodné. Výběr materiálu není dobré podcenit. Není vhodné volit přílišně odolný materiál, jelikož cena materiálu a jeho chemicko-tepelného zpracování se mohou podílet až na cca 15 % celkové ceny formy. Oproti tomu špatný návrh materiálu může mít velmi negativní vliv jak na výsledné vlastnosti formy, ale zejména na její životnost. Obecně je možné požadavky na materiál rozdělit do dvou oddílů. [3]

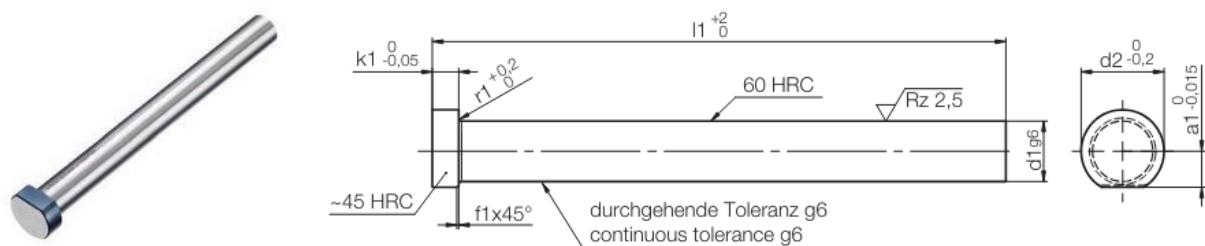
KONSTRUKČNÍ NÁVRH VLOŽEK

Z hlediska výrobce dílů forem, kterého nejvíce zajímají výrobní náklady, je možné zařadit obrobitelnost, lešitelnost, leptatelnost, svařitelnost, vhodnost pro povlakování, rozměrovou stálost a velikost objemových změn po zušlechtnění.

Z hlediska provozovatele firmy naopak patří odolnost proti korozi, proti opotřebení, tepelná vodivost a jiné. Jedná se tedy o provozní náklady ve formě životnosti formy a efektivity výroby. Výrobce forem se proto společně se zákazníkem vždy snaží najít ten nejlepší možný kompromis mezi funkčností formy a její výrobní cenou. Proto je dnes nabízena široká škála výrobních materiálů od tvrzených hliníků v případě malosériové výroby až po zušlechtněné oceli v případě velkosériové výroby.

Stavěcí šrouby jsou standardně vyráběny z uhlíkových, anebo nerezových ocelí v různých pevnostních třídách podle potřeby v konkrétní aplikaci. Při aplikaci ve vložce nejsou na šroub kladeny přílišné nároky na pevnost, byla proto zakoupena standardní pevnostní třída 8.8.

Jehla je broušená součást, jež byla zakoupena od společnosti HASCO z nástrojové oceli 19.711 zakalené na pevnost 60 ± 1 HRC. Zvolená specifikace jehly je vyobrazena na obrázku 41. [20]



f1	r1	k1	a1	d2	d1	l1	Nr. / No.
0	0,2	1,5	1,05	3	1,5	125	Z 4001 / 1,5 x 125
0,15					1,6		1,6
0,25	0,3	2	1,5	4	2	125	Z 4001 / 2 x 125
					2,2		2,2
			1,75	5	2,5		2,5
		3	2	6	3		Z 4001 / 3 x 125
			2,25	7	3,5		3,5
			2,35		3,7		3,7

Obrázek 41 Technická specifikace vybrané jehly [20]

K návrhu materiálu tedy zůstává vložka a její příslušné jádro. Výběr nejčastěji používaných materiálů je vyobrazen v tabulce 3 společně i s nejčastějšími způsoby použití.

Tabulka 3 Výčet nejčastěji používaných materiálů ro součásti vstřikovacích forem [21]

Označení materiálu	Základní vlastnosti	Doporučené použití
1.0577	ZÁKLADNÍ KONSTRUKČNÍ OCEL Dobře svařitelná, nekalená	Obyčejné díly formy bez požadavků na vyšší mechanické vlastnosti
1.0503	ZÁKLADNÍ KONSTRUKČNÍ OCEL Dobře svařitelná, nekalená	Obyčejné díly formy bez požadavků na vyšší mechanické vlastnosti
1.1730	NÁSTROJOVÁ OCEL Desková ocel	Netvrzené díly forem a přípravků, upínací desky forem, rozpěry
1.2083	PROKALITELNÁ OCEL Částečná korozivzdorná, legovaná, vhodná pro leštění	Vložky dutiny forem, tvarové desky
1.2085	NÁSTROJOVÁ OCEL Předtvrzená, korozivzdorná, dobře obrobitelná, legovaná	Korozně odolné díly forem – vložky apod.
1.2162	OCEL K LOKÁLNÍMU KALENÍ legovaná	Desky forem
1.2210	ZA STUDENÁ OBRÁBĚNÁ OCEL Odolná vůči opotřebení	Jádrové kolíky, malé soustružené díly
1.2311	NÁSTROJOVÁ OCEL Legovaná a předtvrzená, vhodná pro nitridaci a leštění	Desky forem, vložky a mechanicky namáhané díly
1.2312	NÁSTROJOVÁ OCEL Legovaná a předtvrzená, dobrá obrobitelnost	Desky a díly vysoce mechanicky namáhané
1.2316	NÁSTROJOVÁ OCEL Předtvrzená, korozivzdorná, vhodná pro leštění	Díly forem pro korozivní polymery
1.2738	NÁSTROJOVÁ OCEL Předtvrzená ocel s rovnoměrnými mechanickými vlastnostmi	Velké desky s hlubokými dutinami
1.7131	OCEL K LOKÁLNÍMU KALENÍ legovaná	Vodící elementy a jádra
1.2379	OCEL K PROKALENÍ Rozměrově stálá, odolná proti opotřebení s vysokou tvrdostí po zakalení, dobře obrobitelná	Desky forem, vložky

KONSTRUKČNÍ NÁVRH VLOŽEK

Požadavky kladené na vložky jsou v případě aplikátoru následující:

- Vstřikovací tlak včetně dotlaku nebude přesahovat 1000 bar.
- Vstřikovaný materiál je nízkohustotní polyethylen LDPE, který je z řady polymerů méně abrazivních.
- Předpokládaná životnost vložky je odhadována na 100 000 cyklů.

Z požadavků vypsanych výše lze usoudit, že materiál pro vložky formy nebude vystaven náročným podmínkám lisování. Pro obě součásti byla proto vybrána standardní konstrukční ocel 1.0503, která je pevnější, než ocel 1.0577 zmíněná v tabulce 3, při zachování shodné obrobiteľnosti. Za předpokladu použití konstrukční oceli dojde nejen k významné úspoře nákladů za zakalení, ale také díky zjednodušení technologického postupu výroby. Na obrázku 42 jsou uvedeny mechanické vlastnosti a chemické složení oceli 1.0503, neboli 12.050.

1. Orientační srovnání se zahraničními normami

DIN	EN 10027-1	EN 10027-2	EN 10025:90	GOST
C45, Ck45, Cm45				45

2. Chemické složení (rozbor tavby) v %

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu
0,420 - 0,500	0,500 - 0,800	0,170 - 0,370	max. 0,040	max. 0,040	max. 0,250	max. 0,300	max. 0,300

Obrázek 42 Mechanické vlastnosti a chemické složení oceli 12.050 [28]

7 RÁMCOVÝ TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY JEDNOTLIVÝCH KOMPONENT

7.1 Rámcový technologický postup výroby lůžka

Podkladem pro výrobní postup lůžka je jeho výrobní výkres s označením *Lůžko* s nově navrženými rozměry. Při porovnání výkresu se stávajícími lůžky je zřejmé, že nové lůžko neobsahuje otvory pro vtokovou soustavu. U prototypů nejsou tyto otvory přímo potřeba, jejich absencí se pouze zhorší oddělení výsledného kusu od vtoků. Proto jsou u lůžka dovertány až po ověření funkčnosti celé vložky.

Na začátku technologického postupu je nutné určit, v jaké formě bude přiveden vstupní materiál. Lůžko je rotační součást, nejlepší možností pro vstupní materiál bude tedy tyčovina. Největší průměr lůžka je 48,80 mm, nejbližší vyšší standardní průměr tyčoviny je 50 mm. V takovém případě je vyhrazen 0,6 mm přídavek na poloměru tyče, což bylo odhadnuto jako nedostatečné. Vlivem nepřesného upnutí do čelistí sklíčidla a odchylkám tvaru tyčoviny je možné, že by po výsledném obrobení vznikly plochy, které by obrobena vůbec nebyly. Byla proto zvolena tyčovina s průměrem 55 mm. Na skladě ve společnosti Techni-Trade je aktuálně tyčovina s průměrem 55 mm ve formě 6 tyčí, kdy každá tyč dosahuje délky 3 metry. Tato délka je příliš velká na to, aby byla tyč upnuta na soustruh v celku, do technologického postupu je tedy nutné zařadit i řezání tyče na polotovary příslušných délek. U přídavků délky je nutné počítat s tím, že řez pily nemusí být vždy kolmý. Pro bezpečné zarovnání čela je proto nutné do délky polotovaru zahrnout přídavek v řádu jednotek milimetrů. Pro tento polotovar byla zvolena hodnota bezpečného přídavku jako 2,5 mm. Zároveň je také potřeba k délce polotovaru doplnit přídavek pro upnutí v čelistech stroje, není totiž možné obrábět po čelistmi sklíčidla. Vhodný přídavek délky, který zaručí bezpečné upnutí a dostatečný přenos kroutícího momentu byly odhadnuty na 15 mm. Sečtením všech přídavků dostáváme finální délku polotovaru podle rovnice 16.

$$l_{\text{polotovaru}} = l_{\text{lůžka}} + 2 \cdot p_{\text{čela}} + p_{\text{upnutí}} = 35 + 2 \cdot 2,5 + 15 = 55 \text{ mm}$$

Rovnice 16

Pokud bychom pokračovali tímto způsobem, dosahovali bychom velmi slabé výtěžnosti materiálu. Je to tak z důvodu, že přídavek na upnutí v tomto případě není možné žádným způsobem využít pro finální obrobek, jednalo by se tedy o čistý odpad. Řešení jsou v tomto případě dvě.

Prvním je přídavek na upnutí do délky polotovaru nezahrnovat, vnější plochu opracovat pouze částečně. Zbytek plochy je následně obrobena při druhém upnutí, snažíme se tedy vnější plochy propojit. Tento způsob s sebou nese určitou odchylku souososti, plochy se tudíž nikdy spolehlivě nepropojí. Tento defekt ale nemusí být vždy problémový. Můžeme se v praxi setkat s případy, kdy nespojitost vnějšího povrchu ničemu nevádí a je pak možné obrábět tímto způsobem. V případě vložek může nesouosost ploch způsobit, že lůžko nebude možné uložit do formy, není tedy možné zaručit 100 % smontovatelnost a proto pro tuto aplikaci není první řešení vhodné.

RÁMCOVÝ TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY JEDNOTLIVÝCH KOMPONENT

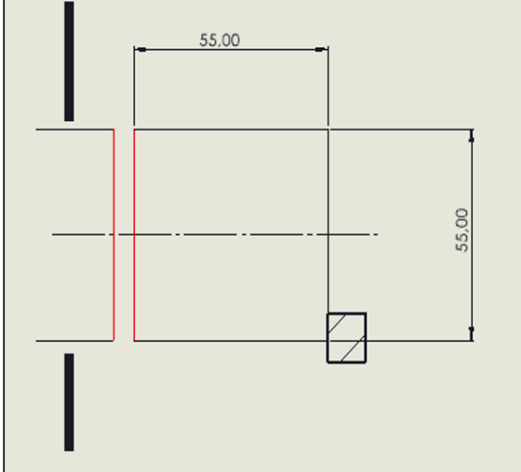
Druhou možností je připravit si polotovar pro větší počet ks, nebo případně i pro celou sadu ke zhotovení. Tento celý kus je upnut do konvenčního soustruhu, jsou na něm obrobena všechny dostupné plochy, načež následně je kus upíchnut. Tímto vznikají nedokončené kusy. Ty se nakonec dokončují už jednotlivě při druhém upnutí. Větší část řezání pilou je tak nahrazena upichováním na soustruhu. Tento způsob s sebou nese jisté výhody, zejména vyšší přesnost a kolmost upíchnutí a možnost obrobení vnější válcové plochy pro všechny lůžka najednou. Příklad na upnutí v tomto případě postačí přidat pouze jedenkrát pro celou várku/sadu s tím, že bude obroben až při dokončování posledního kusu. V přepočtu na 1 obrobek poté vychází výtěžnost materiálu výrazně lépe. Při tomto způsobu se bude lišit výrobní postup posledního kusu od zbylých kusů. Při reálné výrobě většího počtu kusů tedy bude lepší využít druhé možnosti. Pro jednoduchost a přehlednost postupu je v následujících kapitolách zmíněn postup pro výrobu jednoho kusu, který bude shodný s výrobním postupem posledního kusu ze sady, tedy kusu s přídatkem na upnutí.

Jakmile je plně definován polotovar, je možné začít definovat i první výrobní operaci, což bude řezání na pile. K dispozici je pásová pila Pilous ARG 235 PLUS, která je vyobrazena na obrázku 43 společně s technickými parametry udávanými výrobcem. Technologický postup je popsán na obrázku 44.



Obrázek 43 Pásová pila Pilous ARG 235 PLUS

RÁMCOVÝ TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY JEDNOTLIVÝCH KOMPONENT

Operace č. 01	Řezání – Pilous ARG 235 PLUS
	Dorazit tyč na doraz a upnout
	Řezat tyč na délku 55 mm. Řez proveden bimetalovým pásem
	Změřit délku polotovaru za pomoci posuvného měřítka

Obrázek 44 Rámcový technologický postup druhé výrobní operace lůžka

Polotovar, který byl odříznut na pile je vyobrazen na obrázku 45.



Obrázek 45 Odřezaný polotovar na pile

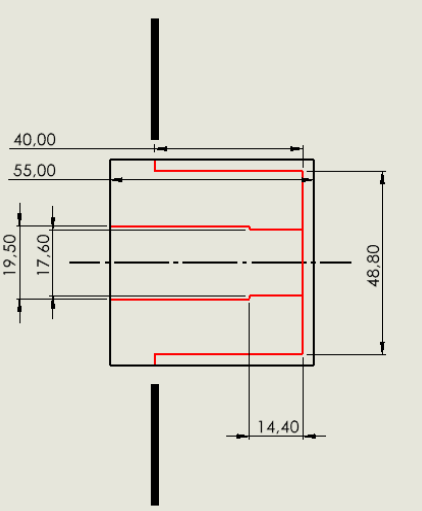
RÁMCOVÝ TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY JEDNOTLIVÝCH KOMPONENT

Druhou výrobní operací je soustružení. Při obrábění je nejlepší zvolit vždy takový postup, který s sebou nese co nejmenší počet tzv. přeupnutí, čímž se myslí vyndání obrobku ze sklíčidla/svěráku a jeho zpětné ustavení před dalším obráběním. Přeupínání má totiž velmi negativní vliv na geometrické úchytky dílu, nejčastěji na souosost a kolmost. Ideální stav proto vzniká tehdy, jakmile je možné díl zhotovit tzv. na jedno upnutí. Ideálního stavu ale nelze vždy dosáhnout, je proto potom na konstruktérově uvážení, ve které fázi provede přeupnutí, aby jím byla funkčnost dílu co nejméně ovlivněna. U vložky je nutné mít souosé průměry 48,8 mm, 19,5 mm a 17,6 mm. Tyto průměry budou tedy obrobny bez přeupínání. Průměr 28 mm bude obroben až po přeupnutí, jelikož na něj nejsou kladeny vysoké požadavky na geometrickou přesnost. Soustružení bude provedeno na soustruhu SW18-RA, jež je na obrázku 46.



Obrázek 46 Soustruh SW18-RA

RÁMCOVÝ TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY JEDNOTLIVÝCH KOMPONENT

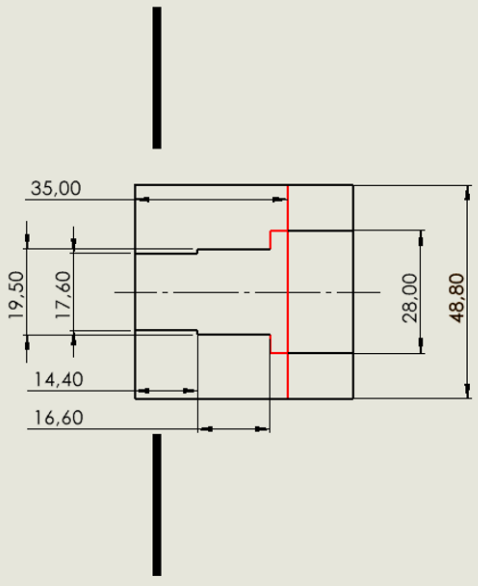
Operace č. 02	Soustružení – SW18 RA
	<p>Obrobit vnější konturu, po hrubování zanechat přídavek 0,2 mm pro dokončení. Obrábění provedeno noži s VBD</p>
	<p>Vrtat středící důlek navrtávkem HSS</p>
	<p>Vrtat díru o průměru 16 mm vrtákem HSS</p>
	<p>Obrobit konturu vnitřní díry vnitřním soustružnickým nožem s VBD</p>
	<p>Měřit rozměry dílu příslušnými měřidly, tj. tříbodový dutinoměř pro díry, mikrometr a posuvné měřítko pro vnější rozměry.</p>

Obrázek 47 Rámcový technologický postup druhé výrobní operace lůžka – první upnutí

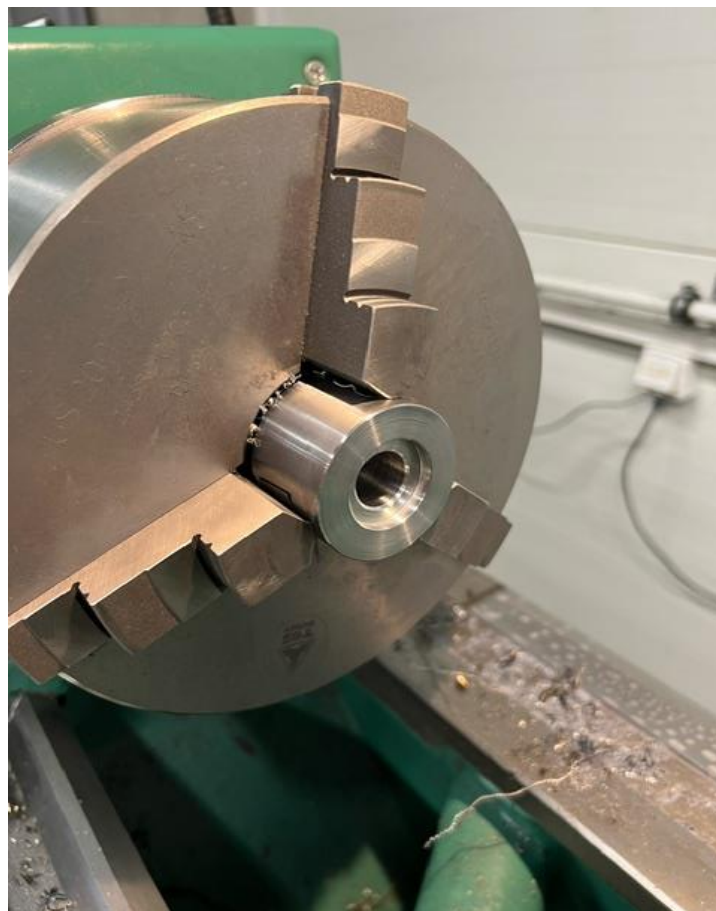


Obrázek 48 Výsledné lůžko po obrobení – druhé upnutí

RÁMCOVÝ TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY JEDNOTLIVÝCH KOMPONENT

Operace č.02	Soustružení – SW18 RA
	<p>Při upínání obrobek ustavit přesně za pomoci úchylkoměru</p>
	<p>Obrobit vnější konturu, po hrubování zanechat přídavek 0,2 mm pro dokončení. Obrábění provedeno noži s VBD</p>
	<p>Obrobit konturu vnitřní díry vnitřním soustružnickým nožem s VBD</p>
	<p>Měřit rozměry dílu příslušnými měřidly, tj. mikrometr pro měření celkové délky, posuvné měřítko pro díru</p>

Obrázek 49 Rámcový technologický postup druhé výrobní operace lůžka – druhé upnutí



Obrázek 50 Výsledné lůžko po obrobení – druhé upnutí



Obrázek 51 Nástroje použité pro 2 operaci z leva: Pravý čelní i podélný nůž; Dokončovací nůž; Vnitřní nůž; Nůž čtyřhranný; Navrtávák; HSS vrták o průměru 16 mm

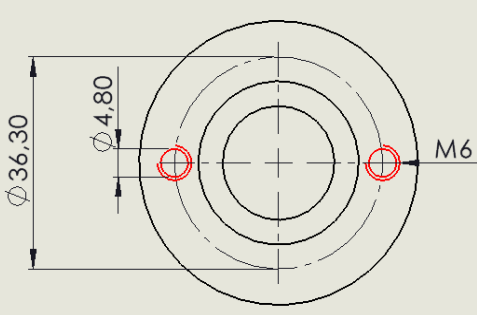
Třetí a poslední výrobní operací je vrtání děr společně s vyřezáním závitů. K označení polohy děr bylo využito soustružnického nože a sklíčidla. Po upnutí obrobku o známém průměru do sklíčidla se posune špička nože do kontaktu s vnější plochou. Podélným posuvem se dostane nůž mimo obrobek. Následně za pomoci noniusu se příčným posuvem nůž dostane na průměr roztečné kružnice, tedy 36,3 mm. Podélným posuvem se dostaneme opět do jemného kontaktu s obrobkem. Otočením obrobku ve sklíčidle se na obrobku vytvoří jemná ryska. Nakonec se příčným posuvem vytvoří příčné rýhy na obrobku a tím vzniknou 2 průsečíky na roztečné kružnici o daném průměru. Při celém postupu je potřeba dbát opatrnosti, aby nedošlo k poškození destičky. Pokud by bylo třeba vytvořit větší množství průsečíků na roztečné kružnici, museli bychom již využít otočného stolu, případně CNC frézky s přesným odměřováním pomocí sondy.

Na obrázku 52 je vyobrazena použitá stolní vrtačka. Pro určení průměru děr potřebných pro vyřezání závitů je možné využít strojnických tabulek, nebo tabulek z internetových zdrojů. Je potřeba nezapomenout na fakt, že závit M6 má vnitřní průměr $D_1 = 4,917$ mm. Pro zaručení funkce a pevnosti závitu je proto doporučeno zvolit vrták o průměru 4,8 mm. Opakem je řezání vnějších závitů, kde přípravou pro závit M6 je válec o průměru 6 mm. [22]



Obrázek 52 Stolní vrtačka WARCO WM-16 VS

RÁMCOVÝ TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY JEDNOTLIVÝCH KOMPONENT

Operace č. 03	Vrtání – Stolní vrtačka
	Vrtat díru o průměru 4,8 mm vrtákem HSS
	Díry po vyvrtání zahloubit
	Vyřezat 2x závit M6

Obrázek 53 Rámcový technologický postup třetí výrobní operace lůžka



Obrázek 54 Výsledné obrobeneé lůžko



Obrázek 55 Nástroje použité pro 3 operaci z leva: Vrták TuC o průměru 4,8 mm; Záhlučník trojbrýťový; Strojní závitník M6 pro slepé díry

7.2 Rámcový technologický postup výroby jádra

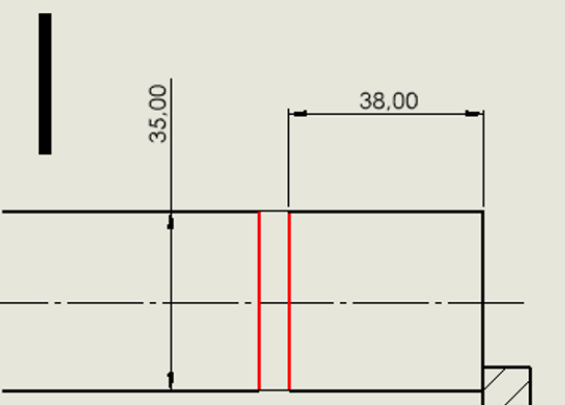
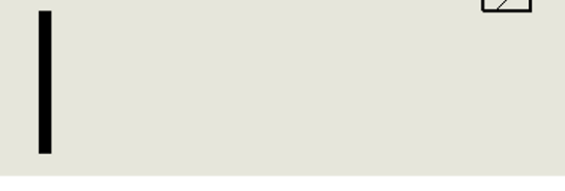
Pro technologický postup výroby jádra bude využit výrobní výkres *Jádro* s nově navrženými rozměry. Obdobně jako při postupu výroby lůžka postup začne definováním výchozího polotovaru. Vzhledem k tomu, že se jedná o rotační díl, vstupní materiál bude opět přiveden ve formě tyčoviny. Největší průměr jádra se rovná 28 mm, nejbližší vyšší standardizované rozměry proto budou 30 mm, anebo 35 mm. Tím, že vnější povrch u průměru 28 mm není kritický, volíme levnější variantu, a to tyčovinu o průměru 30 mm. Druhým rozměrem, který je třeba u polotovaru definovat je délka. Délka jádra odečtená z výrobního výkresu činí 33 mm. K tomuto rozměru je opět třeba přičíst přírůstek, který pojme nepřesné odříznutí polotovaru na pile. Pro tento polotovar byla zvolena hodnota bezpečného přírůstku jako 2,5 mm. Tím, že největší průměr pokrývá pouze část vnější plochy, není třeba k délkovému rozměru přičítat přírůstek na upnutí, ani upínací plochy hlouběji řešit. Spojení vnějších ploch vznikne mezi čelní a podélnou plochou obrobku, která není zatížena požadavky na kolmost. Vzniklé odchylky tvaru nezpůsobí žádné potíže. Jako vhodné místo pro spojení ploch byla určena hrana mezi průměrem 28 mm a čelní plochou mezi průměrem 28 mm a 17,5 mm. Napojení je zvýrazněno ve skice rámcového technologického postupu. Výsledná délka polotovaru, která zahrnuje všechny potřebné přírůstky se rovná:

$$l_{\text{polotovaru}} = l_{\text{jádra}} + 2 \cdot p_{\text{čela}} + p_{\text{upnutí}} = 33 + 2 \cdot 2,5 + 0 = 38 \text{ mm}$$

Rovnice 17

RÁMCOVÝ TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY JEDNOTLIVÝCH KOMPONENT

Při plně definovaném polotovaru je možné přejít k postupu řezání na pile Pilous ARG 235 PLUS, jež je vyobrazen na obrázku níže.

Operace č.01	Řezání – Pilous ARG 235 PLUS
	Dorazit tyč na doraz a upnout
	Řezat tyč na délku 38 mm. Řez proveden bimetalovým pásem
	Změřit délku polotovaru za pomoci posuvného měřítka

Obrázek 57 Rámcový technologický postup první výrobní operace jádra



Obrázek 56 Odřezaný polotovár na pile

U řezu na pile se postupovalo s přílišnou rezervou, materiálový odpad je zbytečně vysoký, ovšem další postup to ovlivní pouze přídavným přísuvem pro zarovnání čela.

RÁMCOVÝ TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY JEDNOTLIVÝCH KOMPONENT

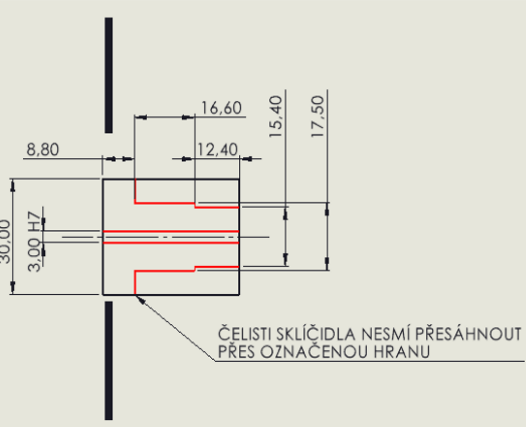
Druhou výrobní operací bude opět soustružení. Aby bylo možné vynechat přídavek na upnutí, je nutné adekvátně upravit i technologický postup. Vzhledem k požadavku na sousost válcových ploch o průměru 17,5 a 15,4 mm je nutné tyto plochy obrobít při jednom upnutí. Z toho důvodu jsou tyto plochy zhotoveny při prvním upnutí, včetně vnitřní díry o průměru 3 mm s tolerancí H7. Při druhém upnutí se jádro upne do čelistí za průměr 15,4 mm a dokončí se zbylé procesy, jako zarovnání čela na správnou délku obrobku a vyvrtání díry pro závit.

Při vrtání díry o průměru 2,9 mm, která slouží jako příprava pro karbidový výstružník, je nutné dbát vysoké opatrnosti na dostatečné chlazení. Buďto můžeme využít zabudovaného chlazení přímo na soustruhu, nebo na vrták aplikovat řezný olej, či pastu. Obojí slouží ke snížení tření vrtáku v otvoru, což vede k menší produkci tepla a sníží se tak riziko zaseknutí a zalomení vrtáku v otvoru. Dále je také nutné v pravidelných intervalech očistit vrták od třísek. Pokud bychom tak neučinili, opět by mohlo dojít k zaseknutí vrtáku a jeho zalomení v otvoru. Není reálné zalomené kousky vrtáku z otvoru dostat, aniž by byl otvor poškozen.



Obrázek 58 Vrták zanesený třískami

RÁMCOVÝ TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY JEDNOTLIVÝCH KOMPONENT

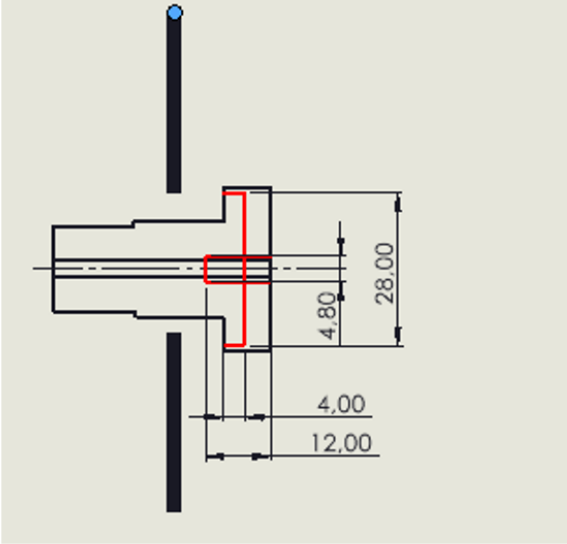
Operace č.02	Soustružení – SW18 RA
	<p>Obrobit vnější konturu, po hrubování zanechat přídavek 0,2 mm pro dokončení. Obrábění provedeno noži s VBD</p>
	<p>Vrtat středící důlek navrtávkem HSS</p>
	<p>Vrtat díru o průměru 2,9 mm vrtákem HSS</p>
	<p>Vystružit díru na rozměr 3,0 H7 výstružníkem TuC</p>
	<p>Měřit rozměry dílu příslušnými měřidly, mikrometr a posuvné měřítko pro vnější rozměry.</p>

Obrázek 59 Rámcový technologický postup druhé výrobní operace lůžka – první upnutí



Obrázek 60 Výsledné jádro po obrobení – první upnutí

RÁMCOVÝ TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY JEDNOTLIVÝCH KOMPONENT

Operace č.02	Soustružení – SW18 RA
	<p>Obrobit vnější konturu, po hrubování zanechat přídavek 0,2 mm pro dokončení. Obrábění provedeno noži s VBD</p>
	<p>Vrtat díru o průměru 4,8 mm vrtákem HSS</p>
	<p>Zahloubit díru <u>trojbřitým</u> záhlubníkem</p>
	<p>Měřit rozměry dílu příslušnými měřidly, tj. posuvné měřítko pro vnější rozměry a díru</p>

Obrázek 61 Rámcový technologický postup druhé výrobní operace lůžka – druhé upnutí



Obrázek 62 Výsledné jádro po obrobení – druhé upnutí



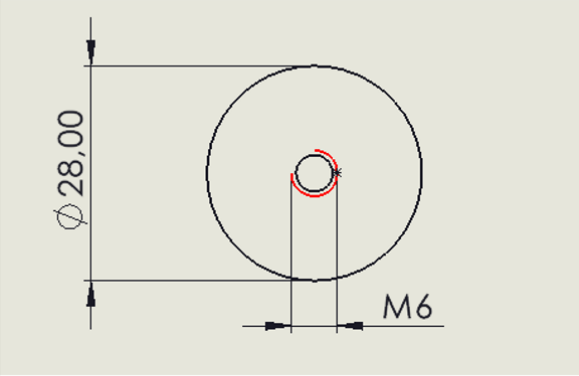
Obrázek 63 Nástroje použité pro 2 operaci zleva: Pravý čelní i podélný nůž; Upichovací nůž; Navrtávák; HSS vrták o průměru 2,9 mm; Výstružník 3,0 H7; HSS vrták o průměru 4,8 mm; Záhlubník trojhrbitý

Třetí výrobní operací jádra bude ruční vyřezání závitu. Byť se v tomto případě nejedná o slepou díru, přesto byl použit závitník pro slepé díry. Průchozí díra o průměru 3 mm nebyla vyhodnocena jako dostatečná pro bezpečný odvod třísky. Druhý důvod výběru byl fakt, že se závitníkem pro průchozí díry by ani v tomto případě nebyl závit dořízlý až do konce. Špička závitníku by se zasekla o dno. Pro ruční řezání potřebujeme mít k dispozici vratidlo adekvátního rozměru, které slouží k upnutí závitníku a přenosu kroutícího momentu. Dále také svěrák, kterým obrobek bezpečně upneme. Postup řezání závitu se liší podle typu závitníků.

Běžnější závitníky z HSS se prodávají v sadě 3 závitníků označených jedním, dvěma až třemi proužky, přičemž postup vyřezání se opakuje třikrát pro každý závitník. Je to tak z toho důvodu, že závitník by vyřezání závitu naráz nemusel snést a buďto by se dříve otupil, anebo v díře zlomil.

U novějších závitníků z tvrdokovu tato sekvence odpadá a závit je možné vyřezat naráz. Při samotném řezání závitu vratidlem otáčíme podle směru hodinových ručiček. Je vždy nutné postoupit o půlkou otáčky a následně se o půl otáčku vrátit, abychom přelomili třísky. Pokud se tak neučiní, závit by se může na určitých místech vylomit anebo přímo zalomit v díře. Opět se nesmí zapomenout na důsledné mazání řezným olejem, anebo pastou.

RÁMCOVÝ TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY JEDNOTLIVÝCH KOMPONENT

Operace č.03	Ruční řezání závitu
	Vyřezat závit M6

Obrázek 64 Rámcový technologický postup třetí výrobní operace jádra



Obrázek 65 Výsledné obrobene jádro

RÁMCOVÝ TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY JEDNOTLIVÝCH KOMPONENT



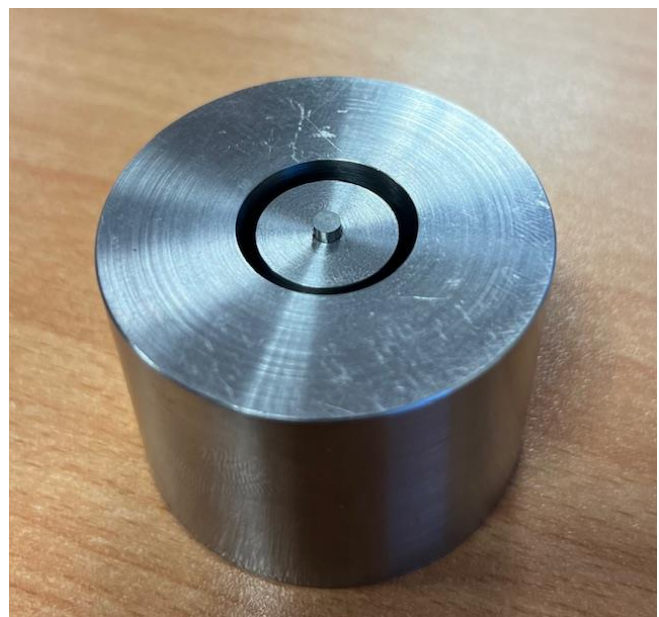
Obrázek 66 Nástroje použité pro 3 operaci z leva: Strojní závitník M6 pro slepé díry; Ruční vratidlo



Obrázek 67 Měřidla použité pro výrobu zleva: Posuvné měřítko; Mikrometr; Tříbodový dutinoměr; Digitální úchylkoměr



Obrázek 68 Výsledná sestava vložky zleva: Lůžko; Jádru; Koupená jehla; Koupený stavěcí šroub



Obrázek 69 Výsledná vložka po sestavení

8 OVĚŘENÍ FUNKČNÍCH VLASTNOSTÍ

8.1 Postup vylisování aplikátoru, kontrola rozměrů a aplikace kapalin

Při ukládání nových výměnných vložek do formy vstřikolisu je nejdříve nutné nastavit správně polohu jehel. Pro nastavení jehel se nejdříve vyšroubuje stavěcí šroub do bezpečné vzdálenosti tak, aby po uzavření formy nedošlo ke kontaktu jehly se stavěcím šroubem. Následně se uzavře forma, stavěcí šroub se zašroubovává do jádra do té doby, než dojde ke kontaktu jehly s pohyblivou částí formy. Nakonec se forma opět otevře a stavěcí šroub zašroubojeme o čtvrt otáčky hlouběji. Tímto dosáhneme přesné pozice jehly a nedojde ke vzniku přetoků na výlisku, ani k poničení závitu v jádru vložky.

Zadruhé je nutné nastavit vstřikovací parametry. Pokud se mění celá forma na stroji, je nutné všechny parametry příslušně upravit. V tomto případě je nastavení jednodušší, jelikož se mění pouze výměnné vložky. Proto je potřeba nastavit pouze objem vstřikované dávky. Opět je také nutné dbát zvýšené opatrnosti, jelikož nastavení přílišně vysoké dávky by v případě neaktivní kontroly vstřikovacího tlaku mohlo vést ke zmíněnému rozstříknutí a následnému vymačkání formy. Proto postup vždy probíhá postupným zvyšováním dávky z minima, dokud se nedosáhne správně dolisovaného kusu. Pro přesnější odhad množství, které je ještě možné přidat pomáhá hodnota úbytku objemu materiálového polštáře po dokončení fáze dotlaku. Z té je totiž možné odečíst objem, který v dutině po dokončení vstřiku schází. Finální vstřikovací parametry (objem dávky, doba dotlaku, doba chlazení, závislost přepnutí dotlaku, vstřikovací rychlost a tlak dotlaku) jsou vyobrazeny na ovládacím panelu na obrázku 70 níže.

Objem dávky = 33,2 cm³

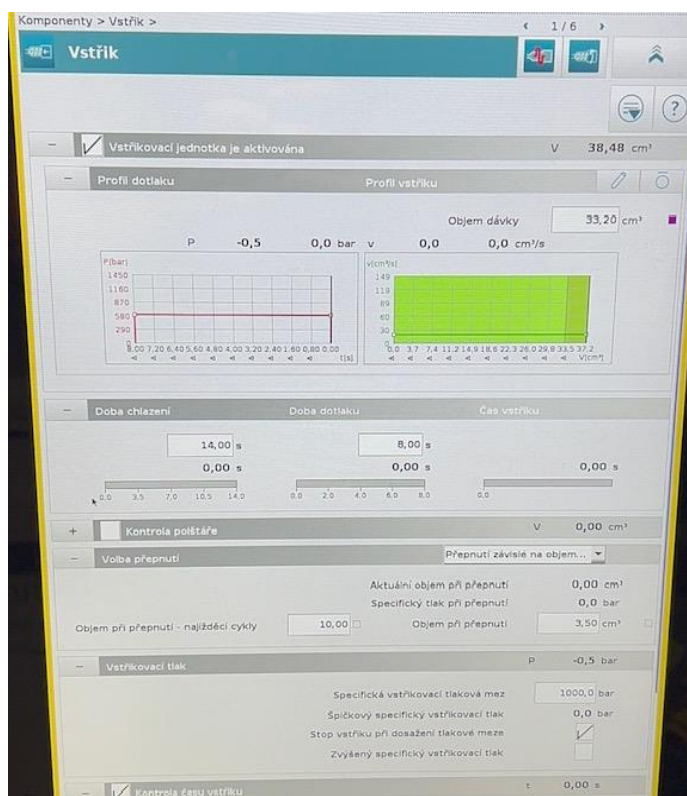
Doba dotlaku = 8 s

Doba chlazení = 14 s

Závislost přepnutí – na objemu dávky

Vstřikovací rychlost = 18 cm³/s

Tlak dotlaku = 600 bar



Obrázek 70 Základní vstřikovací parametry

OVĚŘENÍ FUNKČNÍCH VLASTNOSTÍ

Doba dotlaku je nastavována podle výchozích dat z jednotky vstřikolisu. Z jednotky je také možné odečíst pokles dotlačování materiálu, tedy i čas, ve kterém tavenina dostatečně zatuhla a není již třeba pokračovat ve fázi dotlaku. Po testovacích cyklech bylo ověřeno, že mezi časy dotlaku 7,5 s a 8 s je objem materiálového polštáře téměř konstantní, proto po 8 vteřinách fáze dotlaku končí.

Dobu chlazení je možné určit teoreticky, i prakticky z vylisovaného kusu. Spodní hranice doby chlazení je dána, jelikož její minimum je součet doby dotlaku a času spotřebovaného na odformování kusů, tedy zhruba 12 vteřin. Při nastavení doby chlazení na 12 vteřin se na výliscích objevovali známky propadnutí dna po obvodu. Znamená to tedy, že materiál dostatečně nevychladnul a byl při odformování stále tvárný. Proto byla doba chlazení určena teoreticky.

Při teoretickém odhadu doby chlazení se vychází z předpokladu, že veškeré teplo je při vstřikování přeneseno vedením. Podíl přenosu tepla prouděním, zářením a třením po stěnách formy je tak malý, že je možné ho v tomto případě zanedbat. Zjednodušený model pro minimální dobu chlazení vychází z vedení tepla mezi dvěma deskami o vzdálenosti x . Vedení tepla mezi rovnoběžnými deskami popisuje Fourierova-Kirchhoffova rovnice 18. [23]

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$$

Rovnice 18; [23]

kde

T = teplota v °C

x = souřadnice střední roviny

α = součinitel přenosu tepla mm^2/s

t = čas v s.

Postupnou integrací rovnice 16 se získá výsledná rovnice pro minimální dobu chlazení 19.

$$t_c = \frac{h_{max}^2}{\pi^2 \alpha} \cdot \ln \frac{4 \cdot (T_i - T_n)}{\pi \cdot (T_x - T_m)} \cdot s$$

Rovnice 19; [23]

kde

h_{max} = maximální tloušťka stěny v mm

T_x = doporučená teplota výlisku při odformování

T_m = doporučená teplota temperace formy

T_i = teplota taveniny při vstřiku

α = součinitel přenosu tepla polymeru mm^2/s

OVĚŘENÍ FUNKČNÍCH VLASTNOSTÍ

Do vzorce byly dosazeny následující hodnoty: $h_{\max} = 3,5$ mm (dno aplikátoru); $T_x = 52$ °C (Doporučená hodnota pro polyetyleny); $T_m = 25$ °C (doporučená teplota temperace formy výrobcem granulátu); $T_i = 220$ °C (Doporučená hodnota teploty taveniny výrobcem granulátu nastavená pro dostatečné dostříknutí tenkých stěn); $\alpha = 0,192$ mm²/s (Doporučená hodnota součinitele pro LDPE). Výsledná hodnota doby chlazení byla odhadnuta na 13,54 s, do parametrů lisu byla zadána zaokrouhlená hodnota 14 s. Výsledný aplikátor s upravenou dobou chlazení se jevil jako OK. [19][24][23]

Přepnutí na dotlak bylo nastaveno v závislosti na objem dávky z důvodu vyšší přesnosti a opakovatelnosti výroby.

Rychlost vstřikování byla určena experimentálně. Pokud není ve výrobním postupu přesně specifikována, je výhodné držet vstřikovací rychlost na minimálních hodnotách, dokud nezačne docházet k neodstříkávání tenkých stěn. Omezí se tak turbulentní proudění taveniny, které může způsobit nehomogenitu mechanických vlastností výlisku, resp. anizotropii.

Tlak dotlaku byl určen opět experimentálně v závislosti na kritických rozměrech výlisku, tedy na rozměrech závitu a průměrů aplikační části. Výsledkem byla hodnota 600 bar.

Rozměry aplikátorů po dosmrštění odpovídají cílovým hodnotám. Vnější průměr aplikační části odpovídá po změření posuvným měřítkem $19,03 \pm 0,2$ mm cílová hodnota je 19,0 mm. U vnitřního průměru bylo změřeno $15,1 \pm 0,2$ mm, přičemž cílová hodnota je 15 mm. V obou případech se jedná o odchylky, jež se nachází bezpečně v toleranci.

OVĚŘENÍ FUNKČNÍCH VLASTNOSTÍ



Obrázek 71 Vylisované aplikátory



Obrázek 72 Lahvičkový aplikátor 16 mm při názorné aplikaci na vyřazené autosklo

9 ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a výrobou výměnných vložek vstříkovací formy společně s ověřením funkčních vlastností jak vložek, tak výsledného výlisku v reálném výrobním prostředí.

Teoretická část práce obsahuje výchozí podklady pro praktickou část s odkazy na odbornou literaturu. Jsou uvedeny základy vstříkování plastů s podrobným popisem jednotlivých fází vstříku, také princip a jednotlivé komponenty dvoudeskových vstříkovacích forem a bezsloupkových vstříkovacích lisů. Dále jsou představeny základní informace ohledně aplikátorů a jejich použití v automobilovém průmyslu. V návaznosti na tyto podklady je představeno konkrétní vstříkovací vybavení společnosti Techni-Trade společně s analýzou aktuální formy, používaných vložek a aplikátorů. Na základě této analýzy byly vytvořeny modely a výrobní výkresy požadovaných vložek s finálními rozměry a specifikovaným materiálem, které vychází nejen z rozměrů požadovaného dílu, ale i z konstrukčních a upínacích prvků použité vstříkovací formy, resp. ze stávajících vložek. V posledních odstavcích jsou představeny vybrané výrobní operace použité pro výrobu vložek.

Praktická část práce je založena na výrobě prototypové vložky. Vyráběny byly pouze vybrané části sestavy, u zbylých částí byl vyhodnocen jako optimální postup nákup u specializovaných výrobců. Zakázková výroba jednotek kusů totiž nemůže nikdy z hlediska nákladů konkurovat sériové výrobě. Vždy je uveden technologický postup následovaný vyobrazením reálné součásti po obrobení.

Druhou částí je ověření funkčních vlastností vložky přímo ve vstříkovacím stroji. Postup nastavení jednotlivých parametrů je vypsán v jednotlivých odstavcích. U výlisků byla nejdříve ověřena rozměrová shoda s navrženým modelem, následně byla také ověřena funkčnost, a to přímým testem ručního nanášení aktivátoru na vyřazené autosklo od zákazníka.

Při lisování, ani při aplikování nebyly zjištěny žádné funkční problémy. Podle prototypu byly vyrobeny i zbylé 3 vložky a aplikátor mohl být zařazen do systému po zahájení malosériové výroby. Vzhledem k tomu je možné tvrdit, že návrh vložky byl úspěšný a tím bylo splněno i zadání bakalářské práce.

10 REFERENCE

- [1] PUBLI.CZ. *Technologie vstřikování*. Online. 2023. Dostupné z: <https://publi.cz/books/184/03.html>. [cit. 2023-12-29].
- [2] TECHNICKÁ UNIVERZITA LIBEREC. *VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ*. Online. 2022. Dostupné z: https://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm. [cit. 2023-12-29].
- [3] ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: teorie a praxe*. Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 978-80-271-0614-1.
- [4] PUBLI.CZ. *Vstřikovací forma a její funkce*. Online. 2023. Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/02.html>. [cit. 2023-12-30].
- [5] JAN SVOBODA, S.R.O. *Středící kroužek*. Online. 2023. Dostupné z: <https://www.jansvoboda.cz/Stredici-krouzek-c21801>. [cit. 2023-12-30].
- [6] HASCO HASENCLEVER GMBH + CO KG. *Locating guide bush, shouldered*. Online. 2023. Dostupné z: https://www.hasco.com/en/Z/Guide-elements/Guide-bush/p/Z10_12xd1. [cit. 2024-12-30].
- [7] PUBLI.CZ. *STROJE PRO ZPRACOVÁNÍ POLYMERNÍCH MATERIÁLŮ*. Online. 2023. Dostupné z: <https://publi.cz/books/181/13.html#13-1>. [cit. 2023-12-30].
- [8] *GRAVITAČNÍ PÁSOVÉ PILY NA KOV*. Online. Dostupné z: <https://www.legnex.cz/gravitacni-pasove-pily>. [cit. 2024-05-22].
- [9] DODÍLNY. *Pilový pás bimetalový pro pilu G5013WC/400 18 zubů na 1"*. Online. 2023. Dostupné z: <https://www.dodilny.cz/pilovy-pas-bimetalovy-pro-pilu-g5013wc-400-18-zubu-na-1/>. [cit. 2024-05-04].
- [10] CHEM-WELD. *Co je tvrdé pájení, pájení na tvrdo?* Online. 2019. Dostupné z: <https://eshop.chemweld.cz/navody/tvrde-pajeni-b4050-htm/>. [cit. 2024-05-04].
- [11] , Sandvik Coromant, technická redakce. *Příručka obrábění*. Praha: Scientia, 1997. ISBN ISBN-91-97 22 99-4-6.
- [12] DAVIM, J.P. *Modern machining technology: a practical guide*. Woodhead: Woodhead Publishing, 2011. ISBN 978-0-85709-099-7.
- [13] KOFIX. *VYJISKŘOVÁNÍ ZALOMENÝCH VRTÁKŮ ČEPŮ ZÁVITNÍKŮ*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.kofix.cz/prumyslove-znaceni/vyjiskrovani-zalomenych-vrtaku-a-zavitniku/>. [cit. 2024-05-12].
- [14] PICHLER, Harald. *Operator Manual - Machine ENGEL Victory*. ENGEL AUSTRIA, 2017.
- [15] WIKIPEDIA. *Automobilový průmysl v Česku*. Online. Automobilový průmysl v Česku. 2023. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Automobilov%C3%BD_pr%C5%AFmysl_v_%C4%8Cesku. [cit. 2024-12-28].

REFERENCE

- [16] ULIČNÝ, Tomáš. *Návrh optimalizace systému zásobování ve výrobním závodě AGC Automotive Chudeřice*. Diplomová práce. Liberec: Technická Univerzita v Liberci, 2019.
- [17] E-LTEX. *Karbonizace vlny*. Online. 2022. Dostupné z: <https://www.skolertextilu.cz/elearning/489/zaklady-textilnich-technologii/zuslechtovani-textilili/Karbonizace-vlny.html>. [cit. 2024-12-28].
- [18] DESIGNETICS. *Fluid applicators*. Online. 2016. Dostupné z: <https://designetics.com/products/fluid-applicators/>. [cit. 2024-12-28].
- [19] *Technical Data Sheet*. LyondellBasell, 2023.
- [20] HASCO HASENCLEVER GMBH + CO KG. *Kernstift, verdrehgesicherter Kopf*. Online. 2023. Dostupné z: https://api.hasco.com/medias/116887.pdf?context=bWFzdGVyfGltYWdlc3w1ODgxNjd8YXBwbGljYXRpb24vcGRmfGltYWdlcy9oNmMvaDdkLzkzODU0MjIwMjg4MzAucGRmfDg2YTZhZTc3OTMwYzgwZmY4NjFkOWE2YTI3ZWQyOTYwNjM0OTU3ZjE4YzhlMTNjMzE5Y2U5ZWQ1NTU0ZjViZjE&_gl=1*18e2opd*_ga*MTA1NTQzN. [cit. 2024-05-11].
- [21] PUBLI.CZ. *VSTŘIKOVACÍ FORMY PRO ZPRACOVÁNÍ TERMOPLASTŮ*. Online. 2023. Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/06.html#6-4>. [cit. 2023-12-30].
- [22] VÁVRA, Petr a LEINVEBER, Jiří. *Strojnické tabulky: učebnice pro školy technického zaměření*. Šesté vydání. Úvaly: Albra, 2017. ISBN 978-807-3611-118.
- [23] BOOTHROYD, G; DEWHURST, Peter a KNIGHT, Winston. *Product design for manufacture and assembly. 2nd ed. rev and expanded. 2*. New York: Dekker, 2002. ISBN 0-8247-0584-X.
- [24] POLYMERS. *Thermal Diffusivity and Conductivity of Polyolefins by Thermal Lens Technique*. Online. 2022. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9269369/>. [cit. 2024-05-06].
- [25] CECHO - BOHUMIL CEMPÍREK S. R. O. *Šikmý kolík s kónickou hlavou*. Online. 2023. Dostupné z: <https://eshop.cecho.cz/produkty/c11-vodici-sloupky-a-koliky/c1125-sikmy-kolik-s-konickou-hlavou>. [cit. 2023-12-30].
- [26] SANDVIK COROMANT. *Průmyslové spektrum*. Online. 2014. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/vyber-spravneho-zavitniku>. [cit. 2024-04-30].
- [27] AGC AUTOMOTIVE CZECH. *VÝROBCI AUTOSKEL AGC AUTOMOTIVE VZROSTLY TRŽBY NA 6 MLD. KČ*. Online. 2018. Dostupné z: <https://www.agcautomotive.cz/cs/vyrobci-autoskel-agc-automotive-vzrostly-trzby-na-6-mld-kc--2018-09-04/>. [cit. 2023-12-28].
- [28] CZ FERRO STEEL. *ČSN 12050 – ocel k zušlechťování*. Online. 2020. Dostupné z: <http://www.czferrosteel.cz/pdf/tyce-12050.pdf>. [cit. 2024-05-12].

11 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1	Fáze vstřikovacího cyklu [2].....	9
Obrázek 2	Fáze vstřikovacího cyklu graficky [1]	9
Obrázek 3	Ovládací panel procesních teplot v pásmech šneku ENGEL	10
Obrázek 4	Mechanické selhání výlisku.....	11
Obrázek 5	Schématické zobrazení vstřikovací jednotky [1].....	11
Obrázek 6	Otevřená dvoudesková vstřikovací forma [4].....	13
Obrázek 7	Středící kroužek [5]	14
Obrázek 8	Příklad konstrukce vodícího kolíku [26]	15
Obrázek 9	Příklad konstrukce vodícího pouzdra [6].....	15
Obrázek 10	Diagonální řez dvoudeskovou vstřikovací formou [4]	16
Obrázek 11	Bezsloupkový vstřikovací lis [7]	17
Obrázek 12	Bimetalový pás pro řezání na pásové pile [9].....	18
Obrázek 13	Tři proměnné pro výpočet řezné rychlosti [11]	20
Obrázek 14	Vliv hloubky řezu a rychlosti posuvu na tvar třísky [11]	20
Obrázek 15	Úhel nastavení hlavního ostří graficky [11]	21
Obrázek 16	Porovnání nastavení ostří u hrubovacích a dokončovacích nožů [11]	21
Obrázek 17	a) - Hlavní pohyb koná nástroj; b) – Hlavní pohyb koná obrobek [13]	22
Obrázek 18	Grafická závislost řezné rychlosti na poloměru [13].....	23
Obrázek 19	Srovnání závitníků pro jednotlivé typy děr [27].....	24
Obrázek 20	Vyjiskření zalomených nástrojů v dírách [14].....	24
Obrázek 21	Schéma lisu ENGEL Victory 200/50 [15].....	25
Obrázek 22	Konstrukce lisu ENGEL Victory 200/50.....	25
Obrázek 23	Schématické vyobrazení sestavy pevné části formy	26
Obrázek 24	Reálná sestava pevné části formy	27
Obrázek 25	Nákres sestavy obsahující potřebné rozměry.....	27
Obrázek 26	Výběr z výkresové dokumentace výrobce [15]	28
Obrázek 27	Výběr z výkresové dokumentace výrobce [15]	29
Obrázek 28	Okno k zadávání dávky v řídicím systému lisu	29
Obrázek 29	Dokončovací práce na autoskle [28].....	30
Obrázek 30	Řez robotickým aplikátorem.....	31
Obrázek 31	Zásobník aplikátorů	31
Obrázek 32	Řez lahvičkovým aplikátorem	32
Obrázek 33	Přírodní plst' (vlevo); Přírodní s přím. syn. vláken (uprostřed); Syntetická (vpravo).....	32
Obrázek 34	Aplikátor s pěnovým tamponem.....	33
Obrázek 35	Štětcový aplikátor [19]	33
Obrázek 36	Nákres nového aplikátoru 16 mm.....	34
Obrázek 37	Nákres výchozího aplikátoru 18 mm	34
Obrázek 38	Žlutá barva – lůžko; Červená barva – jádro; Fialová barva – jehla; Modrá barva – stavěcí šroub.....	35
Obrázek 39	Smrštění robotického aplikátoru	36
Obrázek 40	Závislost smrštění na předeřtání formy [1].....	37
Obrázek 41	Technická specifikace vybrané jehly [21]	39
Obrázek 42	Mechanické vlastnosti a chemické složení oceli 12.050 [29].....	41

11 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 43 Pásová pila Pilous ARG 235 PLUS	43
Obrázek 44 Rámcový technologický postup druhé výrobní operace lůžka	44
Obrázek 45 Odřezaný polotovar na pile	44
Obrázek 46 Soustruh SW18-RA	45
Obrázek 47 Rámcový technologický postup druhé výrobní operace lůžka – první upnutí	46
Obrázek 48 Výsledné lůžko po obrobení – druhé upnutí	46
Obrázek 49 Rámcový technologický postup druhé výrobní operace lůžka – druhé upnutí....	47
Obrázek 50 Výsledné lůžko po obrobení – druhé upnutí	47
Obrázek 51 Nástroje použité pro 2 operaci z leva: Pravý čelní i podélný nůž; Dokončovací nůž; Vnitřní nůž; Nůž čtyřhranný; Navrtávák; HSS vrták o průměru 16 mm	48
Obrázek 52 Stolní vrtačka WARCO WM-16 VS	49
Obrázek 53 Rámcový technologický postup třetí výrobní operace lůžka.....	50
Obrázek 54 Výsledné obrobené lůžko.....	50
Obrázek 55 Nástroje použité pro 3 operaci z leva: Vrták TuC o průměru 4,8 mm; Záhlubník trojbrýť; Strojní závitník M6 pro slepé díry	51
Obrázek 56 Odřezaný polotovar na pile.....	52
Obrázek 57 Rámcový technologický postup první výrobní operace jádra	52
Obrázek 58 Vrták zanesený třískami	53
Obrázek 59 Rámcový technologický postup druhé výrobní operace lůžka – první upnutí	54
Obrázek 60 Výsledné jádro po obrobení – první upnutí	54
Obrázek 61 Rámcový technologický postup druhé výrobní operace lůžka – druhé upnutí....	55
Obrázek 62 Výsledné jádro po obrobení – druhé upnutí	55
Obrázek 63 Nástroje použité pro 2 operaci z leva: Pravý čelní i podélný nůž; Upichovací nůž; Navrtávák; HSS vrták o průměru 2,9 mm; Výstružník 3,0 H7; HSS vrták o průměru 4,8 mm; Záhlubník trojbrýť	56
Obrázek 64 Rámcový technologický postup třetí výrobní operace jádra	57
Obrázek 65 Výsledné obrobené jádro	57
Obrázek 66 Nástroje použité pro 3 operaci z leva: Strojní závitník M6 pro slepé díry; Ruční vratidlo	58
Obrázek 67 Měřidla použité pro výrobu zleva: Posuvné měřítko; Mikrometr; Tříbodový dutinoměr; Digitální úchylkoměr	58
Obrázek 68 Výsledná sestava vložky zleva: Lůžko; Jádro; Koupená jehla; Koupený stavěcí šroub	59
Obrázek 69 Výsledná vložka po sestavení	59
Obrázek 70 Základní vstřikovací parametry	60
Obrázek 71 Vylisované aplikátory	63
Obrázek 72 Lahvičkový aplikátor 16 mm při názorné aplikaci na vyřazené autosklo	63

11 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Tabulka vhodných parametrů lisu [15]	26
Tabulka 2 Materiálové vlastnosti materiálu LUPOLEN 1800 H [20]	36
Tabulka 3 Výčet nejčastěji používaných materiálů ro součásti vstřikovacích forem [22].....	40

12 SEZNAM ROVNIC

Rovnice 1; [11].....	19
Rovnice 2; [11].....	19
Rovnice 3 [13].....	22
Rovnice 4 [1].....	28
Rovnice 5 [1].....	28
Rovnice 6; [1].....	37
Rovnice 7; [1].....	37
Rovnice 8.....	38
Rovnice 9.....	38
Rovnice 10.....	38
Rovnice 11.....	38
Rovnice 12.....	38
Rovnice 13.....	38
Rovnice 14.....	38
Rovnice 15.....	38
Rovnice 16.....	42
Rovnice 17.....	51
Rovnice 18; [24].....	61
Rovnice 19; [24].....	61