

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

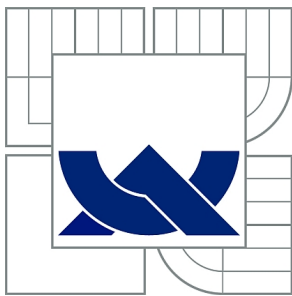
NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY TĚLESA SVĚTLOMETU
MOTOCYKLU

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

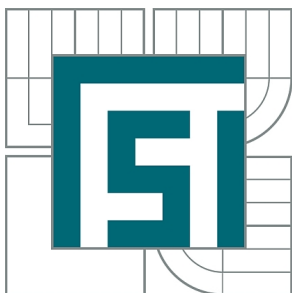
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. JAN NOSEK

BRNO 2010



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY TĚLESA SVĚTLOMETU MOTOCYKLU

DESIGN OF MANUFACTURING TECHNOLOGY FOR MOTORCYCLE HEADLAMP BODY

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. JAN NOSEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. BOHUMIL KANDUS

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Jan Nosek

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303T002)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Návrh technologie výroby tělesa světlometu motocyklu

v anglickém jazyce:

Design of manufacturing technology for motorcycle headlamp body

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Na základě zadaného tvaru plastového dílce vypracovat řešerši na technologii vstřikování plastů do forem a na technologii pokovování plastů, provést návrh technologického postupu a konstrukce vstřikovací formy včetně potřebných výpočtů.

Cíle diplomové práce:

Cílem práce je komplexní návrh technologie výroby na úrovni technologického postupu a konstrukční výkresové dokumentace nástroje na těleso světlometu motocyklu z plastu podložený technicko - ekonomickým zhodnocením.

Seznam odborné literatury:

- ŠTĚPEK, Jiří, ZELINGER, Jiří, KUTA, Antonín. Technologie zpracování a vlastnosti plastů. 1. vyd. Praha, Bratislava : SNTL, Alfa, 1989. 638 s. ISBN DT 678.5(075.8).
- SOVA, Miloš, KREBS, Josef. Termoplasty v praxi. 1. vyd. Praha : Verlag Dashöfer, 2001. 2 sv. (580, 425 s.). ISBN 80-86229-15-7.
- MENGES, Georg, MOHREN, Paul. How to Make Injection Molds. 2nd edition. München, Wien : Carl Hanser Verlag, 1993. 558 s. ISBN 1-56990-062-0.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Bohumil Kandus

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/2010.

V Brně, dne 18.11.2009

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

Abstrakt

V diplomové práci je předložen návrh technologie výroby tělesa světlometu motocyklu z polymerního materiálu od firmy Bayer Apec – vysokoteplotní polykarbonát 1703. Literární studie shrnuje poznatky z technologie vstřikování termoplastů a možnosti konstrukčního řešení vstřikovacích forem, a dále z technologie pokovování plastů se zaměřením na nejvýznamnější technologii v oblasti světelné techniky vozidel. Vzhledem k předpokládané výrobní sérii 50 tis. kusů, jsou posouzeny celkem 2 varianty zaformování dané součástky.

V praktické části byl vymodelován zadaný výrobek a navržena vstřikovací forma. Konstrukce byla provedena za použití software SolidWorks 2007 a využity normy FCPK Bytów a HASCO. Pro vybranou variantu jsou provedeny technologické výpočty. Pro navrženou technologii byl vybrán vstřikovací lis Allrounder A 570 A výrobce Arburg a navržen vhodný technologický postup výroby.

Klíčová slova

Vstřikování plastů, vakuové pokovování, vstřikovací forma, polymer, termoplast, polykarbonát.

Abstract

The thesis is a proposal technology of the main body of motorcycle polymer material from Bayer's APEC - high temperature polycarbonate 1703. Literary study summarizes findings from a thermoplastic injection molding technology and the possibilities of structural design of injection molds, plastic plating technology from a focus on the most important technology in the field of lighting technology vehicles. Given the anticipated production run of 50 thousand. pieces are assessed a total of 2 variants of the molding parts.

The practical part was modeled and specified product designed mold. Construction was done by using SolidWorks 2007 software and normalities FCPK Bytów and HASCO. For the selected option is implemented technological calculations. For the proposed technology was chosen Allrounder injection molding machine 570 A the manufacturer Arburg designed and suitable technological process of production.

Key words

Plastics injection moulding, vacuum plating, injection mold, polymer, thermoplast, polycarbonat.

Bibliografická citace

NOSEK, Jan. *Návrh technologie výroby tělesa světlometu motocyklu*. Brno, 2010. 78 s., příloh 7., CD. FSI VUT v Brně, Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce Ing. Bohumil Kandus.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předkládanou diplomovou práci na téma „Návrh technologie výroby tělesa světlometu motocyklu“ vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího diplomové práce.

V Brně dne 16. 5. 2010

.....
Bc. Jan Nosek

Poděkování

Děkuji tímto vedoucímu práce Ing. Bohumilovi Kandusovi, Michalovi Brabencovi z firmy Automotive Lighting, s .r. o. a Ing. Antonínovi Urbancovi z firmy Jaroslav Pokorný Dačice za cenné připomínky, rady a náměty při vypracování diplomové práce.

OBSAH

Abstrakt	4
Prohlášení	5
Poděkování	6
Obsah	7
ÚVOD	9
1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ TERMOPLASTŮ	10
1.1 Základní pojmy a termíny	10
1.2 Vlastnosti a zpracování termoplastů	10
1.2.1 Vliv struktury na vlastnosti	11
1.2.2 Přísady tavenin	12
1.2.3 Smrštění	13
1.2.4 Sušení	14
1.3 Kontrola kvality, vady a jejich odstranění	15
1.4 Vstřikovací proces a jeho fáze	16
1.4.1 Plastikace a dávkování	16
1.4.2 Plnicí fáze - vstřikování	17
1.4.3 Přepnutí vstřikovacího tlaku na dotlak	18
1.4.4 Dotlaková fáze - doplňování	18
1.4.5 Fáze chlazení výstřiku ve formě	19
1.4.6 Vyjmutí výstřiku z formy	19
1.5 Vstřikovací formy	20
1.5.1 Postup při navrhování formy	20
1.5.2 Vtokový systém	21
1.5.3 Vyhazovací systém	23
1.5.4 Temperační systém	25
1.5.5 Odvzdušňovací systém	26
1.5.6 Údržba, opravy a uskladnění	26
1.6 Vstřikovací stroje	27
1.6.1 Parametry	27
1.6.2 Vstřikovací a plastikační jednotka	27
1.6.3 Uzavírací jednotka	29
1.6.4 Řídicí a ovládací systém	30
2 TECHNOLOGIE POKOVENÍ PLASTŮ	31
2.1 Chemické pokovení	31
2.2 Galvanické pokovení	31
2.3 Vakuové pokovení	33
2.3.1 Metoda PECVD	33
2.3.2 Metoda PVD - obecně	35
2.3.3 Metoda PVD – pro zadanou součást	38
3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÍ	41
3.1 Technologičnost součástí	41
4 NÁVRH TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ	42
4.1 Volba vstřikovacího materiálu	42
4.2 Technologické výpočty	42
4.2.1 Délka dráhy toku taveniny plastu	42
4.2.2 Technologické parametry vstřikování	43

4.2.3 Potřebný výrobní čas	45
5 NÁVRH VSTŘIKOVACÍ FORMY	47
5.1 Použitý konstrukční software	47
5.2 Násobnost formy	47
5.3 Zaformování součásti a výběr nejvhodnější varianty	48
5.4 Odvzdušňovací systém	50
5.5 Dutina formy	50
5.6 Vyhazovací systém	52
5.7 Vtokový systém	53
5.8 Temperační systém	54
5.9 Šikmé vyhazovače, klín a kolík	56
5.10 Sestava	59
5.11 Použité materiály a tepelné zpracování	60
5.12 Technologická analýza	61
6 NÁVRH VSTŘIKOVACÍHO LISU	62
6.1 Výrobci	62
6.2 Návrhy strojů	63
6.3 Parametry nejvhodnějšího stroje	64
7 TECHNICKO – EKONOMICKÉ HODNOCENÍ	66
7.1 Výběr vhodné varianty pro výrobu zadané série	66
7.2 Stanovení výrobních nákladů	66
ZÁVĚRY A VÝHLEDY	69
Seznam použitých zdrojů	71
Seznam použitých zkratk a symbolů	74
Seznam příloh	78

ÚVOD

Plasty mají v současnosti téměř ve všech odvětvích průmyslové výroby klíčové postavení nosného konstrukčního materiálu. V České republice se objem vyrobených plastových a pryžových výrobků přiblížil v posledních dvou letech hranici 200 mld. Kč. V současné době plasty hrají jednu z rozhodujících rolí při inovaci výrobků a zařízení.

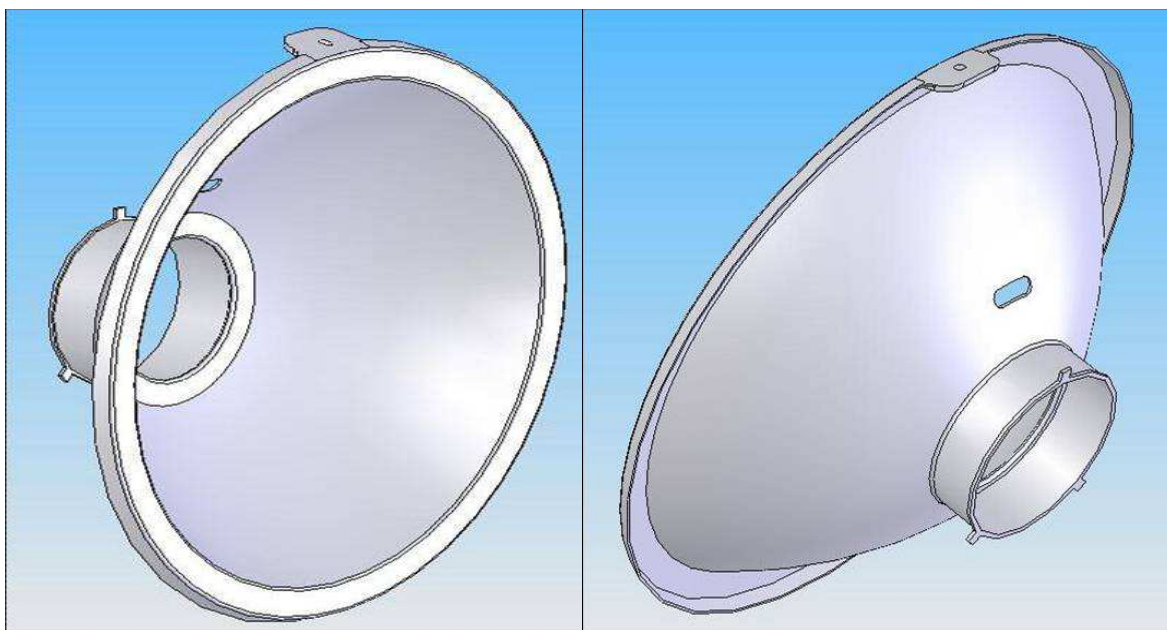
Využití plastických hmot pro různorodé průmyslové výrobky prošlo v minulosti rozlišnými etapami vývoje. Na počátku se plasty používaly zejména pro spotřební zboží, protože požadavky na funkci a použití nebývaly velké a zpracování plastických hmot nebylo příliš obtížné. Ekonomický přínos byl zřejmý, a navíc měly výrobky dostatečný estetický vzhled, měly nízkou hmotnost a byly antikorozi.

Druhou významnou rozvojovou skupinou využití plastických hmot byla elektrotechnika, protože šly vyrábět složité tvary s velmi dobrými elektrickými a neelektrickými vlastnostmi. Dnes mezi hlavní odběratele plastových dílců patří především automobilový a elektrotechnický průmysl, a také spotřební zboží a obaly.

U nově navrhovaných dílců nebo při modernizaci výrobků se musí přihlížet nejen ke snížení výrobních nákladů, ale také k zachování všech funkcí. Správná volba výrobní technologie je důležitá pro celkovou ekonomiku výroby a tím pádem pro cenu výsledné součásti. Při náhradě kovových výrobků plastovými se může měnit vztah mezi dodržením vlastností součásti a výrobními náklady. Chceme snížit výrobní náklady, ale zachovat požadovanou funkci výrobku. To bývá nejčastější případ při náhradě kovového výrobku za plastový.

Nejžádanější změnou, kterou chceme docílit, je zvýšení kvality při současném snížení výrobních nákladů. V tomto směru plasty přinášejí zcela nebývalé možnosti.

Právě tyto zmíněné změny mě vedly k myšlence navrhnout těleso (parabolu) světlometu historického motocyklu, které ovšem bylo původně vyráběno více technologiemi plošného tváření a svařováním z ocelového plechu. Cena takového dílce včetně pokovení při renovaci motocyklu je dosti nákladnou položkou. Proto je má práce zaměřena na návrh nové technologie s využitím technologie vstřikování plastů a následné pokovení plastu za účelem celkového snížení nákladů.



Obr. 1. 3D model zadané součásti

1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ TERMOPLASTŮ [24]

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

1.1 Základní pojmy a termíny [15]

- **polymer** - makromolekulární látka vznikající polyreakcemi (polymerace, polykondenzace, polyadice), která tvoří základ plastů,
- **termoplast** – polymer, který lze opakovaně roztavit a ochlazením přivést zpět do tuhého stavu,
- **amorfní plast** – nepravidelně uspořádaná struktura (průhlednost, dobrá vrubová houževnatost, malé smrštění),
- **krystalický plast** – prostorově pravidelně uspořádaná struktura (dobrá tvarová stálost za tepla, tvrdost, odolnost proti otěru, chemická odolnost).
- **vstřikování** – způsob tváření polymerních materiálů, při kterém se tlakem a třením zplastizovaný materiál vstřikuje do uzavřené dutiny formy,
- **vstřikovací rychlost** – rychlost proudění taveniny do dutiny formy vztažená k otvoru trysky,
- **vstřikovací tlak** – vstřikovací síla vztažená na jednotku plochy čela vstřikovacího šneku nebo pístu,
- **dotlak** – tlak, který působí na materiál po zaplnění tvarové dutiny do okamžiku ztuhnutí výstřiku. Obvykle nižší než vstřikovací tlak,
- **protitlak** – tlak, kterým působí čelo šneku (pístu) na taveninu během fáze plastikace až do okamžiku zatuhnutí taveniny ve formě, je nižší než dotlak,
- **teplota materiálu** – hodnota, na kterou se materiál vytemperuje během fáze plastikace při otáčení šneku, kdy se tavenina požadovaného objemu shromáždí před čelem šneku (pístu),
- **teplota formy** – hodnota, na kterou se vytemperuje forma teplem přivedeným z temperačního zařízení, obvykle vyšší než 60 °C,

1.2 Vlastnosti a zpracování termoplastů [15]

Polymery jsou tvořeny tzv. makromolekulami, složenými z jednotlivých opakujících se dílců – monomerů.

Podle jejich seřazení dělíme polymery na:

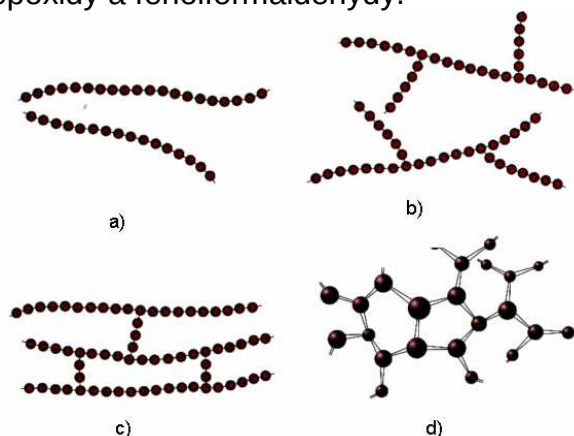
Lineární polymery - jednotlivé monomery jsou seřazeny za sebou, viz. Obr.2. a), takže vytvoří jednoduchý řetězec. Mezi těmito pružnými řetězci působí slabé Van der

Waalsovy vazby (patří sem polyetylén, polyvinylchlorid, polystyrén, polymetylmetakrylát).

Rozvětvené polymery - struktura těchto polymerů je schematicky znázorněna na Obr. 2. b). Jejich makromolekula se vyznačuje hlavním řetězcem, z něhož vystupují postranní „větve“. Celá struktura má menší hustotu, než lineární polymery.

Polymery se zkříženými články. Schematický obrázek takových polymerů je uveden na Obr. 2. c). Z obrázku plyne, že sousední řetězce těchto polymerů jsou mezi sebou propojeny články, které jsou vázány pomocí silné kovalentní vazby. Sem patří různé elastické materiály, jako je např. přírodní i syntetický kaučuk.

Sítované polymery - trojrozměrné monomery, které mají tři aktivní kovalentní vazby vytvářejí trojrozměrnou síť Obr. 2. d). Tyto polymery mají zajímavé mechanické vlastnosti. Patří sem epoxidy a fenolformaldehydy.



Obr. 2. Struktura polymerů [15]

1.2.1 Vliv struktury na vlastnosti [19, 20]

Z hlediska vnitřní struktury rozdělujeme termoplasty na amorfní a semikrystalické. Nelze si představit lineární polymery jako soustavu rovných dlouhých makromolekul. Naopak bývají různě zkroucené a propletené. Při ochlazování taveniny lineárních polymerů zaujímají makromolekuly ty nejvhodnější tvary klubek s amorfní strukturou. Pokud se naorientují tak, že se v určitých oblastech vytvoří pravidelné uspořádání, je řeč o tzv. krystalické struktuře, která se vyznačuje vysokým stupněm prostorového uspořádání (jednotlivé segmenty jsou upevněny v krystalové mřížce).

Naproti tomu strukturu amorfních plastů tvoří mnoho neorientovaných vláken, která jsou neustále v kroutivém pohybu závislém na teplotě.

Nejlépe krystalizují polymery s jednoduchými, dobře ohebnými a pravidelně uspořádanými řetězci, např. PE, PP, PA, POM. Nesnadno naopak krystalizují polymery se sníženou ohebností řetězce, které mají zabudováno v řetězci např. benzenové jádro, polymery zesíťované a polymery s rozvětvenými makromolekulami. Jako příklady uveďme PVC, PC, ABS, PMMA. Tyto polymery se řadí mezi amorfní plasty.

U mnoha polymerů dochází k částečné krystalické struktuře, která obsahuje oba možné stavy (amorfní a krystalický) současně. Při vhodném poměru toto vede k nejvhodnějším vlastnostem daného materiálu. Krystalický podíl ovlivňuje tvrdost, pevnost, odolnost proti chemikáliím. Amorfní složka pak zajišťuje pružnost, houževnatost a ohebnost. Velký vliv na poměr obou fází má teplota taveniny, teplota formy a rychlost vstřikování.

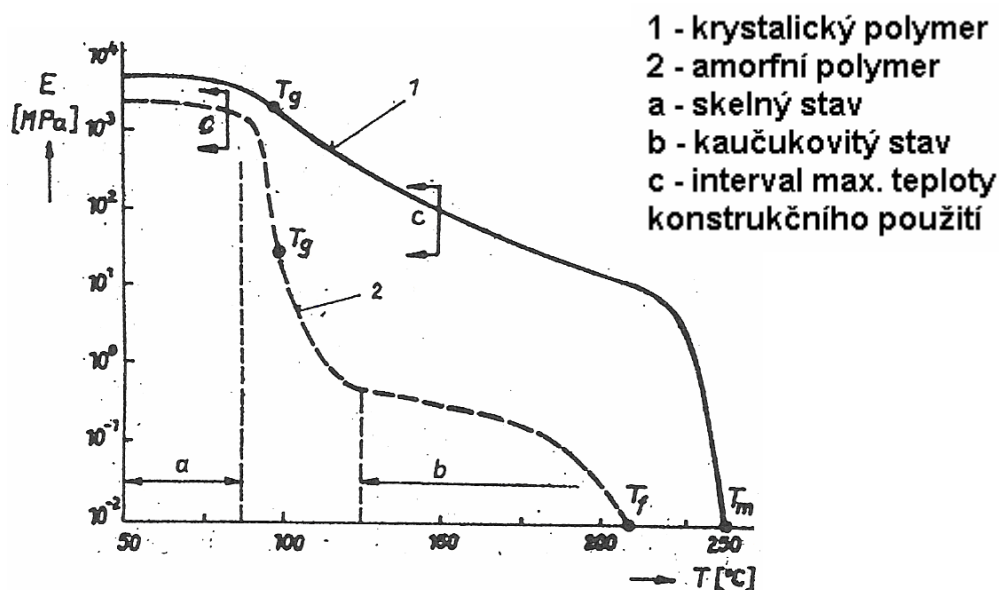
Obecně platí:

- dlouhodobým zahříváním materiálu v plastikační komoře pod teplotou tavení krystalů se stupeň krystalinity zvyšuje

- nízkou teplotou formy a rychlým ochlazením polymeru zahřátého nad teplotu tavení krystalů získáváme amorfni strukturu

Odlišné chování polymerů s krystalickou a amorfni strukturou lze ilustrovat na obecné křivce tepelné závislosti modulu pružnosti. V závislosti na teplotě rozlišujeme tři základní stavy polymeru:

- **stav skelný** – oblast $T < T_g$, T_g ...teplota skelného přechodu
- **stav kaučukovitý** – oblast $T_g < T < T_f$ (T_m), T_f ...teplota viskozního toku u amorfni polymerů; T_m ...teplota tavení krystalů u semikrystalických polymerů
- **stav taveniny** – oblast $T > T_f$ (T_m).



Obr. 3. Závislost modulu pružnosti na teplotě [19]

Pokles modulu pružnosti u semikrystalického polymeru nad teplotou T_g je podstatně menší než u polymeru amorfniho. To je způsobeno tím, že krystalická fáze vytváří ve struktuře jakýsi „skelet“, který ji vyztužuje a brání deformaci. K uvolnění mezimolekulárních Van der Walsových sil, které „skelet“ drží pohromadě, dojde v oblasti teploty T_m poměrně naráz. To vysvětluje jejich tendenci ke skapávání a vytékání z otevřené trysky. Zpracování plastů tedy předpokládá uvolnění Van der Walsových sil. To je možné nad teplotami T_f a T_m , ale pod teplotami degradace a destrukce (rozbití chemických vazeb mezi atomy a molekulami).

1.2.2 Přísady tavenin [21]

Základní polymer, vyrobený jednou z polyreakcí, při níž přechází chemickou cestou látky monomerní na látky makromolekulární (polymery). Ty však obvykle nelze použít na výstřiky. Pro získání požadovaných vlastností je nutné polymer upravit vhodnými přísadami, např. retardéry hoření, plniva (částicová, vyztužující, nanoplniva), maziva, změkčovadla, stabilizátory, barviva, pigmenty, optická zjasňova, atd.

Pro bezproblémové zpracování polymerů se nejčastěji přidává:

- pro zvýšení stability taveniny po dobu její prodlevy v plastikačním válci
- pro zlepšení tokových vlastností taveniny, zaručují dobrou zatékavost, nelepivost a snadnost vyjímání výstřiků z formy

- pro dosažení jemné a rovnoměrné krystalické struktury u částečně krystalických materiálů.

Stabilizátory

- *termooxidační* – zvyšují hranici teploty a doby použití výstřiku
- *UV stabilizátory* – zvyšují odolnost vůči atmosférickému stárnutí, absorbují část světla o vlnové délce (300 až 400) nm. Nedojde tak k degradačním procesům.

Změkčovadla

- Snížení tuhosti a tvrdosti, zvýšení ohebnosti a houževnatosti, nejčastěji u PVC.

Koncentráty lubrikantů a antistatik

- *lubrikanty (maziva)* - usnadňují zpracování, zlepšují doformování a zvyšují lesk
- *antistatika* – snižují možnost vzniku elektrostatického náboje při tření.

Retardéry hoření

- snižují hořlavost termoplastů, účinnost až při koncentracích (5 až 30) %.

Barviva, pigmenty a optická zjasňovala

- *barviva a pigmenty* – zajišťují barevný odstín, jsou nerozpustné v polymerech. Aplikují se buď přímo u výrobce granulátu, nebo jako barevný koncentrát až u zpracování granulátu na vstřikovacím stroji.
- *optická zjasňovala* - zlepšují vzhled u přírodních, bílých a světle pigmentovaných výstřiků. Potlačují žlutost – pro lidské oko činí výrobek bělejší.

Plniva – kompozitní materiály

- kompozitní materiály vzniknou ze dvou a více materiálů zcela odlišných vlastností. Jsou tvořeny polymerem s aditivou a plnivem (částicové, vyztužující, nanoplňiva).

1.2.3 Smrštění [19]

Se vzrůstající teplotou narůstá objem termoplastu. Oproti výchozímu stavu v oblasti teploty okolí se zvětšení objemu pohybuje mezi (0,5 až 10) % dle druhu plastu. S tímto zvětšením objemu, které je vratné, musíme počítat při ochlazování formy, kdy se objem polymeru naopak zmenšuje. Přehled obvyklých hodnot smrštění u základních typů plastů uvádí Příloha 1.

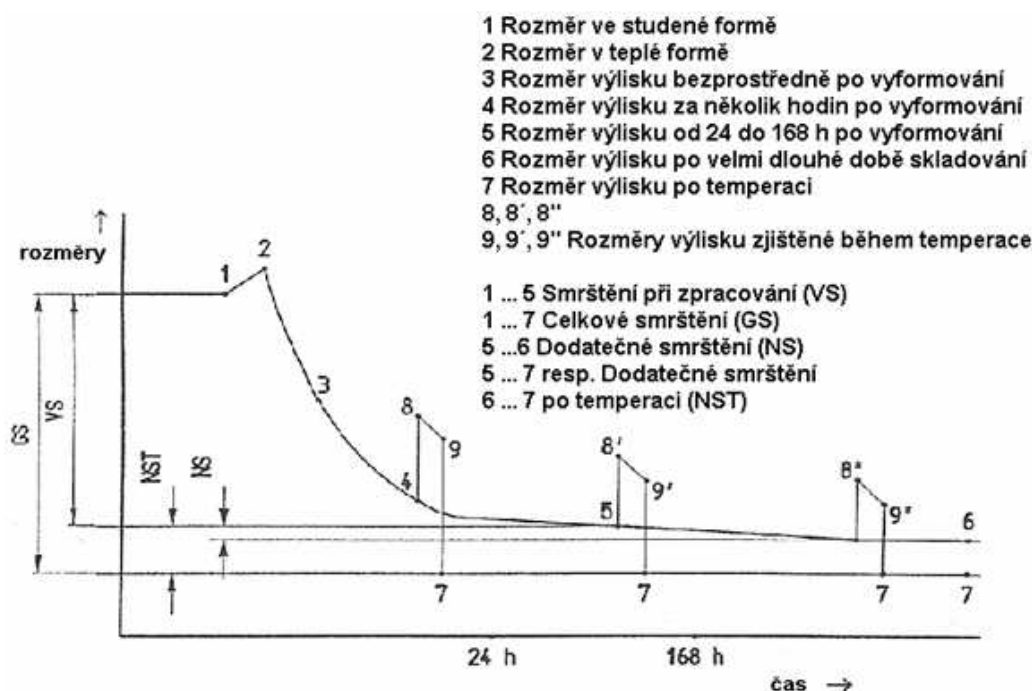
Výraznou vlastností smrštění krystalických typů polymerů je jeho anizotropie (fyzikální vlastnosti látky závisí na směru, ve kterém se měří). Velký rozdíl mezi hodnotami podélného a příčného smrštění může vést u těchto materiálů k řadě problémů, které lze omezit pouze vhodným umístěním vtoku. U plněných typů termoplastů klesá hodnota smrštění v závislosti na obsahu plniva.

O celkovém smrštění materiálu hovoříme při vstřikování termoplastů, které je součtem smrštění ve formě a dodatečného smrštění.

Smrštění ve formě – rozdíl mezi rozměrem tvarové dutiny formy a příslušným rozměrem výstřiku, vyjádřený v % z rozměru tvarové dutiny formy. Velikost smrštění ve formě obvykle stanovíme do 24 hodin po vystříknutí dílce.

Dodatečné smrštění – způsobováno při dlouhodobém vystavení vlivu prostředí. Znamená to, že u většiny výstřiků se jejich konečné rozměry průběžně mění i po dobu několika měsíců viz. Obr. 4. Tam, kde by bylo dodatečné smrštění na závadu, můžeme výstřiky temperovat v horkém vzduchu nebo v oleji při (80 až 130) °C.

Smrštění je závislé na vstřikovacím tlaku, velikosti dotlaku a době jeho působení, teplotě formy, době chlazení, atd. Na hodnotu naměřeného smrštění má tak vliv i vzdálenost místa měření od vtoku. Obecně platí, že smrštění ve formě se zvyšováním teploty vzrůstá, což by nasvědčovalo tomu, že vysoká teplota formy je při vstřikování nevhodná. Praktické zkušenosti ale ukázaly, že celkové smrštění bývá nižší, protože dodatečné smrštění je minimální. Čím vyšší je vstřikovací tlak, tím je lepší plnění formy a také hodnota smrštění je menší. Největší vliv na smrštění ve formě má tlak v dutině formy (dotlak) a doba jeho působení. Optimální dobu dotlaku obvykle stanovíme experimentálně pomocí sledování hmotnosti výstřiku. Když smrštění ve formě klesne na minimum, hmotnost výstřiku vzroste na maximum.



Obr. 4. Průběh smrštění v závislosti na čase [19]

1.2.4 Sušení [19]

Degradaci polymeru při běžných zpracovatelských teplotách může způsobovat absorbovaná vzdušná vlhkost. Schopnost absorpce a její velikost je u různých materiálů odlišná. Obvykle je nutné přesušet například tyto materiály: PA, PC, PMMA atd. U některých materiálů (PS, ABS) s nižší absorpcí je nutné předsušet jen pokud je vyžadována vyšší kvalita povrchu.

S výchozím obsahem vlhkosti tak souvisí doba sušení. Pokud je ovšem materiál skladován v nepoškozeném, tzv. bariérovém obalu (několikvrstvý obal s hliníkovou vložkou), můžeme předsušení úplně vypustit a nahradit jej vstřikováním s odplyňovacím válcem, který je ale hlavně využíván spíše v zahraničí.

Standardní sušky s cirkulujícím vzduchem lze použít jen pro běžné dosušení. Materiál musí být nasypán na sítu ve vrstvě (2 až 3) cm. Pro materiály s vyšší absorpční schopností nebo nízkou teplotní stabilitou musí být použity vakuové sušárny nebo sušárny, které využívají předsušený vzduch z molekulového síta.

Dalším důležitým úkolem je také rychlé zpracování granulátu po předsušení. I přesto, že absorpce vlhkosti u hotových výrobků probíhá za teploty okolí velmi pomalu, nesmíme na to v případě granulátu spoléhat. U zcela suchého granulátu PA nebo PC je totiž absorpce vlhkosti ze vzduchu tak rychlá, že kritická hodnota obsahu

vlhkosti může být dosažena již za několik minut. Proto musí dojít ke zpracování do 30 minut po vysušení a násypka stroje musí být těsně uzavřena.

Proces sušení vybraných materiálů uvádí Příloha 2.

1.3 Kontrola kvality, vady a jejich odstranění [21, 19]

Při hledání postupů pro dosažení požadované kvality výstřiku je potřeba pamatovat, že v průběhu výroby na sebe vzájemně působí tyto faktory:

materiál – konstrukce výstřiku – forma – vstřikovací stroj – technologické parametry

Kontrola kvality přímo u vstřikovacího stroje může být efektivní pouze tehdy, je-li konstrukce dílce, forma, vstřikovací stroj i materiál v pořádku. Ve výrobě kontrolujeme především technologické parametry.

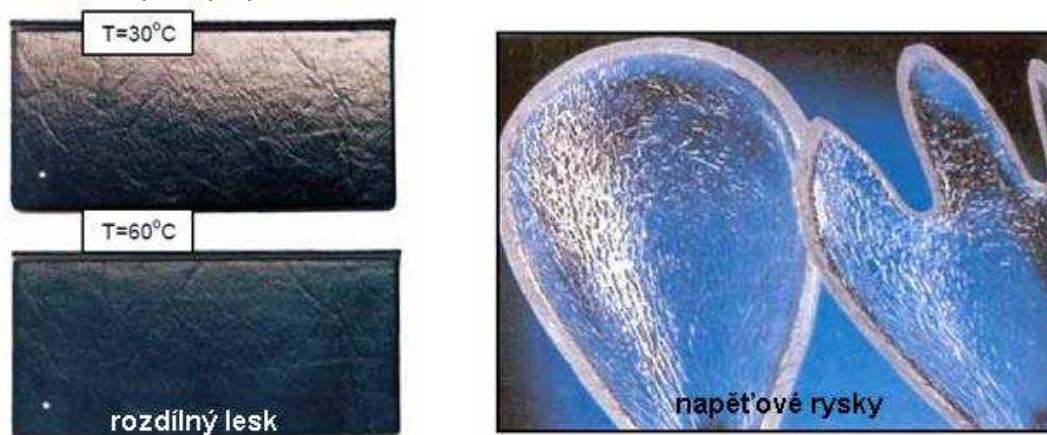
Vady, které vzniknou v průběhu vstřikování, lze rozdělit do dvou skupin:

1) Vady zjevné – můžeme je rozpoznat při vizuálním porovnání s referenčním výstřikem. Dále se dělí na:

- *vady tvaru* – zvlnění, propadliny, zborcení, deformace, otřepy, nedoplněné díly
- *vady povrchu* – matná místa, stříbření, stopy po vlhkosti, tokové čáry, spálená místa, nedostatečný lesk (Obr. 5), změny barevných odstínů, mikrotrhlínky.

2) Vady skryté – obvykle vizuální kontrolou nezjistíme, mají ale vliv na výsledné vlastnosti výstřiků. Můžeme zde zařadit:

- studené spoje
- vnitřní pnutí - tepelné, z nerovnoměrné orientace, z přeplnění formy (Obr. 5)
- bubliny a lunkry v průřezu výstřiku
- uzavřený vzduch nebo plyny ve výstřiku
- anizotropie. (21)



Obr. 5. Vady výstřiků [22]

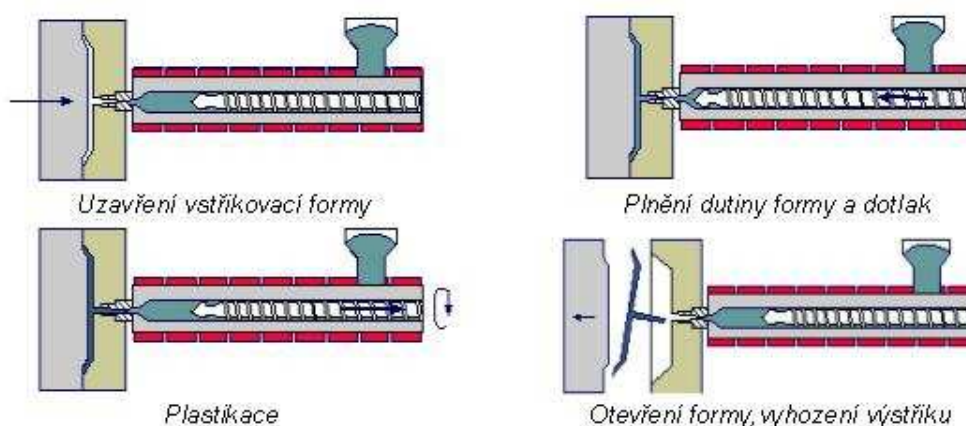
Mezi metody pro kontrolu skrytých vad patří: *mechanické* (zjištění stupně degradace měřením rázové houževnatosti); *kontrola rozměru* (nevýhodou je značná teplotní roztažnost výstřiku); *kontrola hmotnosti* (rychlá, snadná, přímo u vstřikovacího stroje).

Kromě vad výstřiků se také mohou objevit vady formy, vstřikovacího procesu. Jsou to např. netěsnost zpětného uzávěru šneku, špatný dosed trysky na vtokovou vložku, zůstávání výstřiku na pevné části formy, deformace výstřiku při vyhazování z formy, odvzdušnění formy atd.

Z pohledu jednoduchosti odstranění vad je nejlepší, když je příčina v technologii, a je tak možné vadu odstranit změnou jednoho (více) parametrů. Jinak je nutné hledat příčinu ve formě, na vstřikovacím stroji nebo v použitém materiálu. Pro hlavní skupiny vad uvádím v Příloze 3 zobecněná pravidla pro odstranění.

1.4 Fáze vstřikovacího procesu [21]

Vstřikování termoplastů je technologický proces, který není kontinuální, ale celý výrobní cyklus se stále opakuje. Proces můžeme rozdělit do několika fází a úseků, které na sebe navazují: 1) uzavření formy a vyvolání uzavírací síly, 2) přisunutí a přitlačení vstřikovací jednotky k formě, 3) plnění fáze, 4) přepnutí vstřikovacího tlaku na dotlak, 5) dotlaková fáze, 6) fáze chlazení výstřiku a plastikace nové dávky, 7) odsunutí vstřikovací jednotky, 8) otevření formy, 9) vyhození výstřiku z formy. Jednotlivé fáze vstřikování si v této kapitole podrobněji rozebereme.



Obr. 6. Vstřikovací cyklus [24]

1.4.1 Plastikace a dávkování [19, 20, 24]

Plastikace – příprava homogenní taveniny a shromáždění před čelem šneku, šnek se otáčí a posouvá zpět do počáteční polohy, viz. Obr. 6. Granulát se nejdříve taví vlivem tepla ze stěn topného válce a dále díky frikčnímu teplu, které vzniká při pohybu šneku (rotaci). Poté se materiál hněte, homogenizuje a dopravuje se do prostoru válce před čelo šneku.

Dávkování – zvolená dávka má postačit k naplnění dutiny formy a k doplňování v průběhu chlazení. Abychom mohli dotlačovat, musí před čelem šneku zůstat určitý objem plastu, tzv. „materiálový polštář“, na který bude šnek působit svým čelem. Objem dávky se rovná obejmu dutin ve formě plus (5 až 10) % na materiálový polštář ve válci vstřikovacího stroje před čelem šneku.

Otáčky šneku – mají být voleny tak, aby se obvodová rychlost šneku pohybovala kolem hodnoty (0,05 až 0,2) m/s. Vyšší obvodové rychlosti by mohly způsobovat problémy, proto by neměla být překročena hodnota 0,3 m/s.

Po dotlaku začíná plastikace nové dávky plastu. Šnek se začne otáčet, pod násypkou nabírá granulovanou hmotu, plastikuje ji a vtlačuje do prostoru před čelem šneku. Současně ustupuje dozadu, přičemž musí překonávat tzv. protitlak neboli zpětný tlak. Velikost protitlaku (obvykle 100 ± 50 bar) ovlivňuje dobu plastikace a tím i

kvalitu prohnětení roztaveného plastu. Příliš vysoký protitlak by však mohl způsobit až degradaci plastu.

Praktické zkušenosti ukazují, že zpětný tlak je třeba:

- zvýšit pro zlepšení homogenity taveniny
- zvýšit při nerovnoměrném zpětném chodu šneku (tzv. vývrtkový efekt)
- snížit při dočasném přerušení výroby
- snížit pro prodloužení doby dávkování

Jestliže je tavicí komora opatřena samouzavíratelnou tryskou, může plastikace probíhat i při otevřené formě. Dále může a nebo nemusí následovat odsunutí tavicí komory od formy.

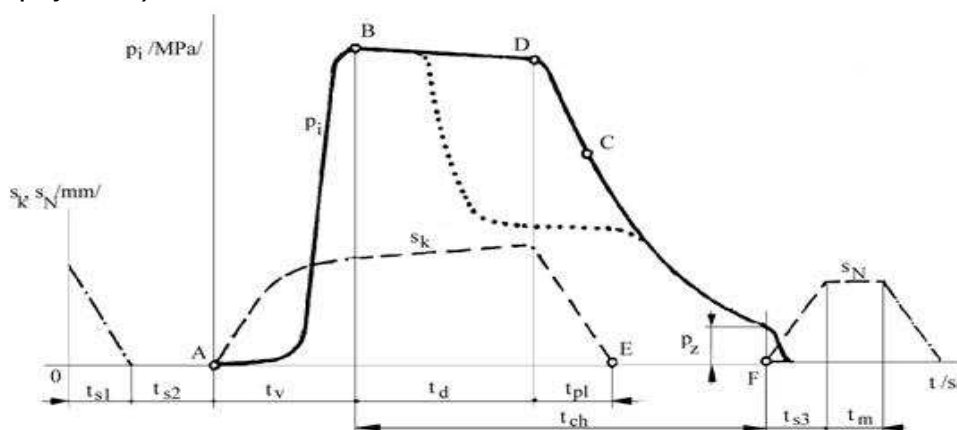
1.4.2 Plnicí fáze – vstřikování [19, 20]

Plnění tvarové dutiny formy je ovlivněno nejen velikostí a tvarem, ale také termodynamickým stavem taveniny.

Vstřikování – plnění tvarové dutiny formy (prázdné a uzavřené) axiálním posunem šneku vstřikovací jednotky. Má 2 časové úseky: 1) objemové zaplnění dutiny (prakticky bez odporu), 2) kompresní doba, kdy prudce stoupne tlak ve formě a vstřikovací tlak, naopak vstřikovací rychlost klesne. Aby nedošlo k enormní tlakové špičce, nastává přepnutí vstřikovacího tlaku na dotlak.

Vstřikovací tlak – dostatečná velikost musí zaručit, že během plnění neklesne vstřikovací rychlost pod zvolenou a nastavenou hodnotu. Pokles vstřikovací rychlosti na konci plnicí fáze svědčí o nízkém vstřikovacím tlaku nebo je vstřikovací rychlost příliš vysoká.

Vstřikovací rychlost – rychlost dopředného pohybu šneku při plnění formy. Snažíme se vstřikovací rychlost nastavit tak, aby byla dutina formy plněna rovnoměrně. Závisí na technologických podmínkách, zejména na teplotě taveniny T_{tav} a na vstřikovacím tlaku p . Vliv však má i teplota formy, objem výstřiku a jeho geometrický tvar, dále řešení vtokové soustavy a druh plastu. Čím rychlejší je naplnění formy taveninou, tím menší je rozdíl jak v průřezu stěny výstřiku, tak ve směru toku. Rychlost plnění je limitována hodnotou smykového napětí. Při překročení mezní hodnoty dochází k povrchovým vadám (tokové čáry, spáleniny, studené spoje, atd).



Obr. 7. Časový průběh tlaku ve formě [24]

s_k – pohyb šneku, s_N – pohyb formy, p_i – tlak v tvarové dutině, t_{ch} – teplota chlazení, t_v – doba vstřikování, $t_{s1} + t_{s2}$ – strojní časy, t_d – doba dotlaku, t_{pl} – doba plastikace, $t_3 + t_m$ – prodleva.

Doba plnění dutiny formy t_v se odvíjí od rychlosti vstřikování. U složitých výrobků a u výrobků s vysokými požadavky na kvalitu povrchu a přesnost výroby je možné programovat průběh rychlosti vstřikování. Vysoká vstřikovací rychlost má příznivý vliv na orientaci makromolekul, ale je zde i nebezpečí přehřátí a degradace materiálu. Doba plnění se pohybuje od zlomku sekundy do několika málo sekund u výstřiků s velkou hmotností. Doba plnění má být co nejkratší, protože vstřikovaná tavenina se stykem s chlazenou formou ochlazuje a ztrácí tekutost, takže při dlouhé době by nezaplnila celou dutinu a vznikl by nedostříknutý zmetek. Proces plnění se musí řídit tak, aby tavenina nevtékala do formy volným tokem, ale aby materiál vtékal do formy postupně. Teplota formy je mnohem nižší než teplota taveniny (zhruba 3 až 4krát) a tak tavenina při styku se stěnou formy okamžitě ztuhne a vytvoří vrstvu nepohyblivé hmoty a zároveň i vrstvu tepelné izolace.

1.4.3 Přepnutí vstřikovacího tlaku na dotlak [21]

Technicky se jedná o změnu regulace průtoku, tj. rychlosti na regulaci tlaku. Existují tři způsoby přepnutí:

- přepnutí po dosažení zvoleného času od začátku plnění dutiny formy taveninou (časové přepnutí)
- přepnutí po dosažení zvoleného bodu na dráze pohybu šneku vpřed při plnění dutiny formy taveninou (dráhové přepnutí)
- přepnutí po dosažení zvolené hodnoty tlaku (tlakové přepnutí). Tlak se měří v dutině formy nebo v hydraulickém systému stroje.

Z hlediska kvality výstřiků je nejlepších výsledků dosaženo při přepnutí podle tlaku v tvarové dutině a v hydraulickém systému. Přepnutí podle času by se mělo používat jen jako pojistka v případě, že nedojde k přepnutí podle tlaku, resp. dráhy.

1.4.4 Dotlaková fáze – doplňování [19, 20, 21]

Dotlaková fáze následuje po fázi plnění. V jejím průběhu je dodáno do dutiny formy asi 10 % materiálu k vyrovnání objemového smrštění materiálu během fáze chlazení. V důsledku ochlazování je přísun taveniny do dutiny stále obtížnější. Tlak prudce stoupne a rychlost náhle klesne. Pokud by tlak zůstal na původní hodnotě, došlo by ke vzniku tlakové špičky, ke zvětšení hmotnosti a rozměrů výstřiku a k vysokému namáhání formy, které by mohlo vést k pružnému prohnutí formy, tzv. dýchnutí. Aby se zamezilo těmto jevům, je nutné v určité době snížit vstřikovací tlak, tzn. přepnout na dotlak. Je-li přepnutí opožděné, stoupne tlak příliš vysoko a dojde k výše popsaným jevům. Při předčasném přepnutí dochází k opačným jevům a je zde až možnost nedostříknutého výrobku.

Doba dotlaku t_d závisí hlavně na průřezu vtokového kanálu a zpravidla činí několik sekund až desítky sekund. Dotlaková fáze ovlivňuje především hmotnost výstřiku, jeho rozměry, homogenitu a smrštění. Obecně platí, že zvyšování hodnoty a doby působení dotlaku, zvyšuje hmotnost výstřiku a zmenšuje smrštění. Dále má dotlaková fáze vliv na orientaci makromolekul a tím i na obsah vnitřního pnutí.

Doplňování – úbytek materiálu (vyvolaný smršťováním hmoty při chlazení ze zpracovatelské teploty na teplotu formy) je doplňován. Má významný vliv na vlastnosti výstřiku.

V praxi se hodnota dotlaku nastavuje asi na (40 až 60) % vstřikovacího tlaku. Vysoká hodnota dotlaku zvyšuje energetickou náročnost výrobního procesu a zvyšuje i opotřebení formy. Zvyšuje vnitřní pnutí výstřiku a zhoršuje doformování.

Dotlak má být udržován tak dlouho, dokud „nezamrzne“ vtoková soustava. Nejlepší je určit dobu dotlaku vážením výstřiků při jejím postupném zvyšování. Od které hodnoty doby dotlaku se hmotnost výstřiku nemění, v té bylo dosaženo bodu ztuhnutí taveniny.

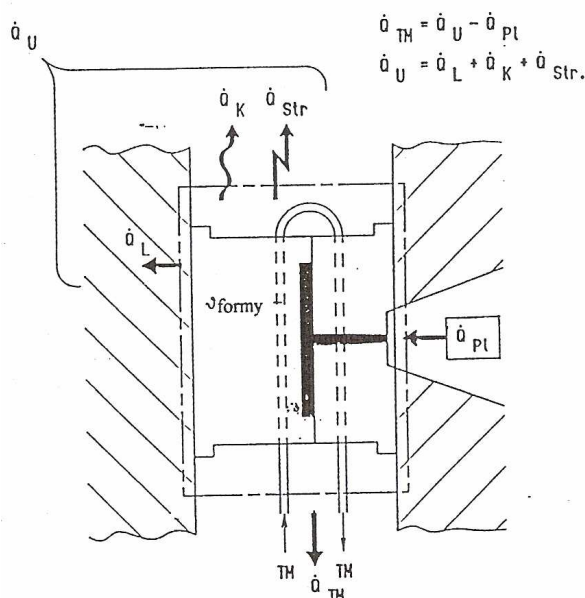
U strojů s optimalizací procesu lze průběh dotlaku optimalizovat. V první fázi je dotlak vyšší, aby se využilo vysoké tekutosti taveniny, a ke konci se dotlak sníží, aby došlo ke zúžení rozměrových tolerancí a rozptylu hmotnosti.

1.4.5 Fáze chlazení výstřiku ve formě [19, 20]

Ochlazování je složitý mechanismus související s ovlivňováním anizotropie struktury výstřiku. Fáze chladnutí ovlivňuje nejenom strukturu, tj. orientaci, krystalizaci a vnitřní pnutí, ale také kvalitu povrchu, zejména lesk.

Doba chlazení t_{ch} (čas potřebný k přeměně taveniny na ztuhlý plast) představuje největší část cyklu a pohybuje se od několika sekund u tenkostěnných výstřiků do několika málo minut. Minimální doba chlazení je limitována požadavkem dosažení min. mezní tuhosti, která je potřebná pro bezpečné vyhození výstřiku z formy. Závisí na určující tloušťce stěny výstřiku, na druhu plastu, teplotě taveniny, teplotě formy a na teplotě výstřiku v okamžiku vyjímání z formy. Je snaha ji zkrátit na minimum účinným chlazením formy, zejména těch míst, v nichž hmota chladne nejpomaleji. Chladnutí začíná již během fáze vstřikování a pokračuje během dotlaku a dochází ke značným změnám tlaku, měrného objemu a teploty.

Tzv. zbytkovou dobu chlazení (doba chlazení bez tlaku) volíme tak, aby bylo dosaženo kompromisu mezi ekonomikou výroby (doba vstřikovacího cyklu) a kvalitativními požadavky (min, pnutí, rovnoměrná struktura).



Obr. 8. Základní schéma tepelné bilance formy [19]

Q_{pl} – teplo přivedené taveninou, Q_u – teplo odvedené do okolí přirozeným způsobem, Q_{TM} – teplo přivedené / odvedené temperačním médiem, Q_L – teplo odvedené vedením do upínacích desek stroje, Q_K – teplo odvedené prouděním do vzduchu, $Q_{Str.}$ – teplo odvedené sáláním do vzduchu.

1.4.6 Vyjmutí výstřiku z formy [20]

Ochlazený výstřik je vyhozen z formy vyhazovacím systémem, vzduchem nebo je vyjmut robotem či manipulátorem. Ovládací systém vyhazovačů:

- **mechanický** – stavitelným dorazem stroje při otevírání formy. Do zasunuté polohy je vyhazovač vrácen při zavírání formy opěrnými (vraceními) kolíky opřenými o pevnou desku.
- **hydraulický** – samostatný hydraulický systém stroje je mechanickou spojkou propojen s čepem vyhazovacího systému formy. Pohyb vyhazovače formy není mechanicky vázán na pohyb formy při jejím otevírání nebo zavírání.

Současně musí být vyhozen z formy tzv. vtokový zbytek, který je buď pevně spojen s výstřikem, nebo je z formy vyhozen již odděleně v závislosti na konstrukci formy.

1.5 Vstřikovací formy [24]

Formy musí odolávat vysokým tlakům, musí poskytovat výrobky o přesných rozměrech, musí umožnit snadné vyjmutí výrobku a musí pracovat automaticky po celou dobu své životnosti. Jejich konstrukce a výroba je náročná na odborné znalosti, ale i na finanční náklady. Dalším důležitým úkolem při konstrukci forem je stanovení rozměrů a výrobních tolerancí tvarových částí. Pro určení a výpočet těchto rozměrů jsou rozhodující smrštění, tolerance jednotlivých rozměrů vylisku a opotřebení činných částí nástroje. Nejdůležitější je však smrštění zpracovávaného materiálu.

Vstřikovací formy jsou konstrukčně velmi rozmanité a lze je rozdělit do následujících skupin:

- **podle násobnosti** – jednonásobné a vícenásobné,
- **podle způsobu zaformování a konstrukčního řešení** – dvoudeskové, tříděskové, etážové, čelistové, vytáčecí, apod.,
- **podle konstrukce vstřikovacího stroje** – se vstřikem kolmo na dělicí rovinu, se vstřikem do dělicí roviny.

Vstřikovací forma se skládá z dílů vymezujících tvarovou dutinu formy, temperačního (chladičného) systému, vtokového systému, vyhazovacího systému a z upínacích a vodicích elementů. Jednotlivé části vstřikovacích forem lze rozdělit do dvou skupin na části konstrukční a na části funkční. *Konstrukční části* zabezpečují správnou činnost nástroje a *funkční části* se stýkají s tvářeným materiálem a udávají mu požadovaný tvar.

1.5.1 Postup při navrhování formy [20, 25]

Výkres vyráběné součásti spolu s konstrukčním návrhem a dalšími doplňujícími údaji jsou podkladem pro konstruktéra formy. Vlastní konstrukce má tento postup:

- posouzení výkresu součásti z hlediska tvaru, rozměrů a tvářecích podmínek. Je třeba znovu zkontrolovat rozměry, jejich tolerance, rozdíly v tloušťce stěn s ohledem na propadliny. Nezanedbat ani úpravy ostrých hran a rohů, které vyvolávají velké pnutí a obtížné plnění dutiny
- určení, případně upřesnění dělicí roviny součásti a způsob zaformování s ohledem na funkci a vzhled. Respektovat také směr a velikost potřebných úkosů. Zaformování musí odpovídat vhodnému umístění ústí vtoků a vyhazování z dutiny formy
- dimenzování tvarových dutin a jejich uspořádání ve formě. Volba vhodného typu vtokového systému, velikost průřezů, tvaru a délky hlavního a rozváděcího kanálku i ústí vtoků
- stanovení koncepce vyhazovacího a temperačního systému i odvzdušnění dutin formy

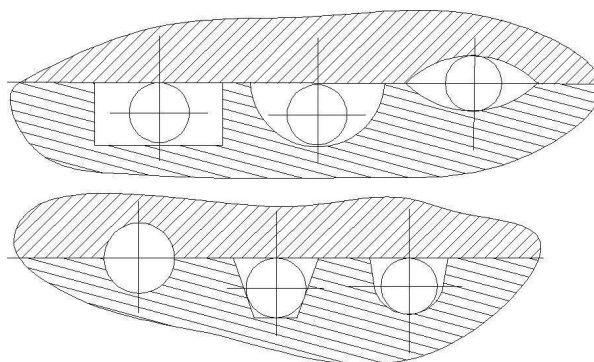
- navržení rámu formy s ohledem na danou typizaci, počet i rozmístění dutin, systém vyhazování i temperace formy.
- vhodné uspořádání středění a upínání formy na stroji s ohledem na využití dostupných prostředků. To všechno v rámci bezpečnosti práce.
- zkontrolování funkčních parametrů formy, hmotnost výstřiku, jeho průmětnou plochu, vstřikovací a uzavírací tlak a další faktory s ohledem na doporučený stroj. Celá koncepce konstrukce vstřikovací formy musí směřovat k možné a snadné výrobní technologii dle stanovených požadavků. Je vhodné s objednavatelem návrh formy konzultovat.

1.5.2 Vtokový systém [19, 20, 24]

Vtokový systém je jeden nebo více kanálů spojující otvor v trysce plastikačního válce vstřikovacího stroje s tvarovou dutinou formy.

Kvalitu a jakost výstřiku spolu s produktivitou výroby nejvíce ovlivňuje vtokový systém, což je systém kanálů a ústí vtoku, který musí zajišťovat správné naplnění dutiny formy, snadné odtržení nebo oddělení od výstřiku a snadné vyhození vtokového zbytku. Vtoková soustava je navrhována podle počtu tvarových dutin, podle jejich rozmístění (Obr. 9) a podle toho, zda bude konstruována jako studený nebo horký rozvod. Konstrukční řešení vtokového systému závisí na konkrétním tvaru výstřiku a na násobnosti formy.

Při vstřikování termoplastů má druh a umístění vtoku podstatný vliv na proudění taveniny ve formě, vytváření tzv. studených spojů, orientaci makromolekul a plniva, rovnoměrnost krystalizace, anizotropii vlastností a rozměrů, povrchový vzhled, apod. Vtok má být zásadně řešen tak, aby tavenina naplnila formu nejkratší cestou bez velkých teplotních a tlakových ztrát, co nejrychleji a pokud možno všude ve stejném čase.



Obr. 9. Používané průřezy vtokových soustav [20]

Studené vtokové systémy:

a) Centrální kuželový vtok – pro jednonásobné formy, konstrukčně nejjednodušší, vhodný pro masivní výlisky, kde je nutná delší doba dotlaku. Nevýhodou je nutnost začištění stop od vtokového zbytku a v místě protilehlém vtoku bývají propadliny.

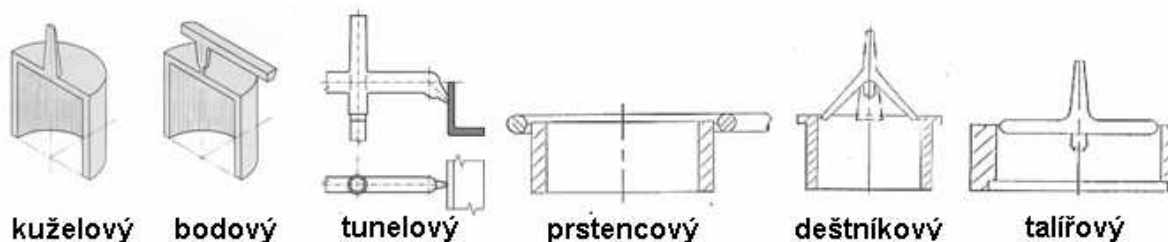
b) Bodový vtok – snadné a rychlé odtržení vtokového zbytku, přispívá i k ohřevu taveniny při plnění tvarové dutiny formy. I pro vícenásobné formy.

c) Tunelový vtok – umožňuje automatické odtržení vtokového zbytku od výstřiku při vyhazování. Tím řeší nevýhodu dvoudeskových forem, kde vtokový zbytek zůstává spojen s výstřikem.

d) Štěrbínový vtok – pro ploché výstřiky s vtokovou hranou, které lze zaformovat tak, aby se materiál ustříhнул na dělicí rovině.

e) Prstencový vtok – s kruhovým ústím, vhodný pro delší rotační součásti (duté, symetrické), kde je nebezpečí vyosení nebo prohnutí jádra ve formě.

- f) Deštníkový vtok** – pro kratší rotační duté součásti, zamezuje vzniku studených spojů. Směr tečení taveniny do tvarové dutiny je axiální.
- g) Talířový vtok** – platí to, co u deštníkového, ale směr tečení je radiální k ose výstřiku.



Obr. 10. Druhy studených vtokových ústí [19, 28]

Horké vtokové systémy:

Používají se pro velké výrobní série, výlisky s tenkou stěnou a velkou plochou vstřikované několika vtoky nebo malé výstřiky, kde by byl objem vtokového zbytku větší než samotný objem výstřiku.

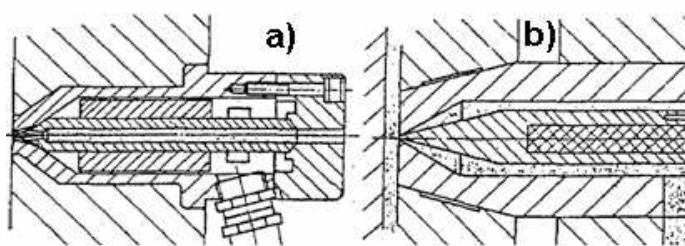
a) Živý bodový vtok – nevýhodou je, že potřebují nepřetržitý provoz a krátký vstřikovací cyklus. Princip funkce je dán vysokým teplotním odporem ztuhlé vrstvičky plastu na vnitřním povrchu kovové komůrky. Zpomalením přestupu tepla se udržuje zbytek objemu materiálu v komůrce ve stavu taveniny. Rovnoměrné rozložení teploty lze lépe zajistit měděným nastavcem trysky.

b) Izolované rozváděcí kanály – pro třídeskové formy, rozváděcí kanálky s velkým průřezem, na stěně se vytvoří vrstva ztuhlého izolujícího plastu, sníží se přestup tepla. Pro krátké vstřikovací cykly a nepřetržitý provoz.

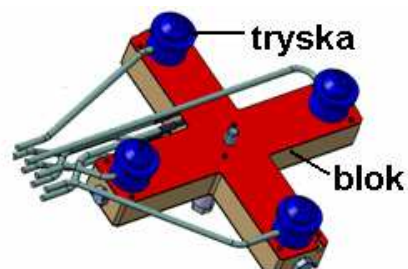
c) Vyhřívané rozváděcí kanály – rozváděcí část formy je tvořena samostatným vyhřívaným blokem, tepelně izolovaným od ostatních kovových desek formy vzduchovou vrstvičkou. Rozváděcí blok s kanály je vyhříván elektrickými odporovými články a materiál je v celém obehmu kanálů ve stavu taveniny.

d) Vytápěné rozváděcí bloky - pro vícenásobné formy v mnoha variantách je vyrábí specializované firmy.

e) Vyhřívané trysky formy – v mnoha různých variantách (otevřené, jehlové, jedno-víceotvorové), s vnějším nebo vnitřním vytápěním.



tryska s a) vnějším, b) vnitřním vytápěním



vytápěný rozváděcí blok

Obr. 11. Druhy horkých vtokových systémů [23, 28]

Výhody:

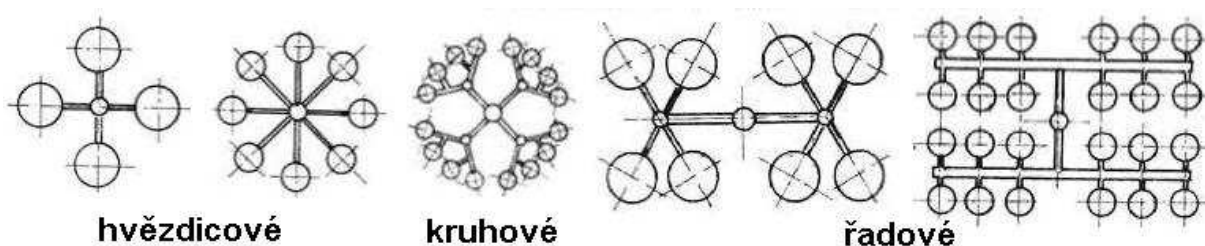
- odpadá dodatečné odstranění a zpracování vtokových zbytků (úspora materiálu)
- nejsou nutné třídeskové formy

- zkrácení vstřikovacího cyklu (méně plastikovaného materiálu)
- snadná automatizace

Nevýhody:

- vyšší složitost a cena
- náročnější opravy

U vícenásobných vstřikovacích forem je nejdůležitějším požadavkem, aby všechny tvarové dutiny byly plněny současně a při stejných technologických podmínkách, což znamená při stejné teplotě taveniny a při stejném vnitřním tlaku. Umístění tvarových dutin je možné buď do hvězdy, kruhu nebo v řadě (Obr. 12). Z hlediska plnění tvarových dutin je lepší uspořádání do hvězdy, protože k zaplnění dochází ve stejném čase a při stejném tlaku, kdežto u uspořádání v řadě se musí provést korekce ústí vtoku, tzn. změnit rozměry rozváděcích kanálů směrem ke vzdálenějším dutinám.



Obr. 12. Uspořádání rozváděcích kanálů [24]

1.5.3 Vyhazovací systém [23, 26, 27, 29]

Slouží k vyhazování výstřiku z dutiny nebo tvárníku kvůli smrštění a pevnému ulpívání na tvarech, vysunutím nebo vytlačněním. Svojí funkcí mají zajišťovat automatický výrobní cyklus, který má dvě fáze:

- dopředný pohyb, vyhazování
- zpětný pohyb, návrat vyhazovacího systému do původní polohy.

Podmínkou dobrého vyhazování výstřiku je hladký povrch a úkosovitost stěn ve směru vyhazování. Úkoso mají být menší než $0,5^\circ$. Vyhazovací systém musí výstřik vysouvat rovnoměrně, aby nedošlo k jeho přičení. Umístění vyhazovačů, jejich tvar a rozložení může být velmi rozmanité. Může se jich využít k vytváření funkční dutiny nebo jako část tvárníku. U hlubokých tvarů je třeba počítat s jejich zavzdušněním.

Po vyhazovacích kolících zůstanou obvykle na výstřiku stopy. Jsou-li na závadu, musí se vyhazovače umístit na tu stranu, kde vzhledu nevadí. Mimo výstřiků se vyhazuje i vtokový zbytek. Pohyb vyhazovacího systému se vyvine:

- narážecím kolíkem o traverzu vstřikovacího stroje při otevírání formy
- hydraulickým, nebo pneumatickým zařízením (bývá příslušenstvím vstřikovacího stroje), umožňuje měkké vyhazování
- ruční vyhazování nejrůznějšími mechanismy. Je vhodné pro jednoduché a zkušební formy. Obvykle bývá umístěno na formě.

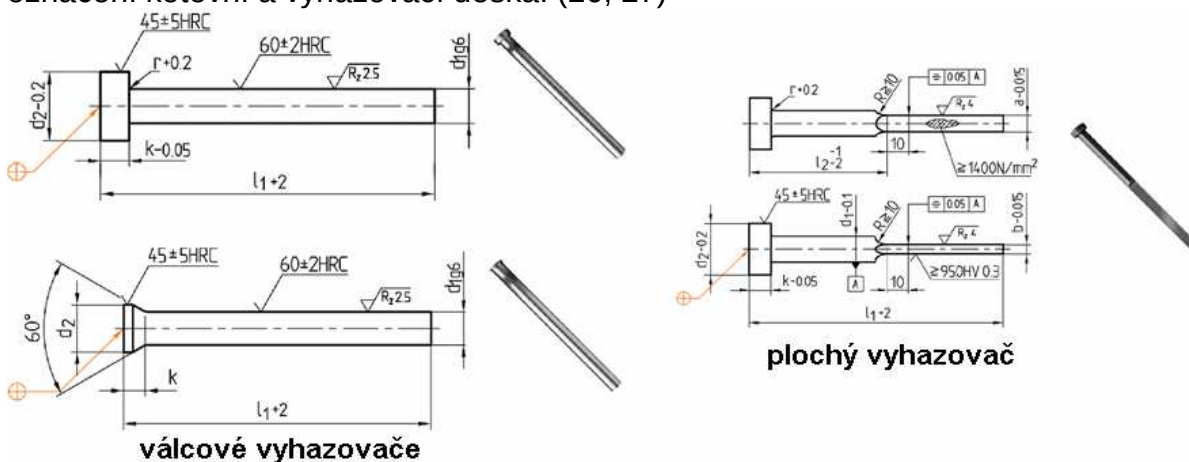
Zpětný pohyb je zajišťován:

- vratnými kolíky

- pružinami vždy s kombinací s jiným systémem
- speciálním mechanickým, vzduchovým nebo hydraulickým zařízením.

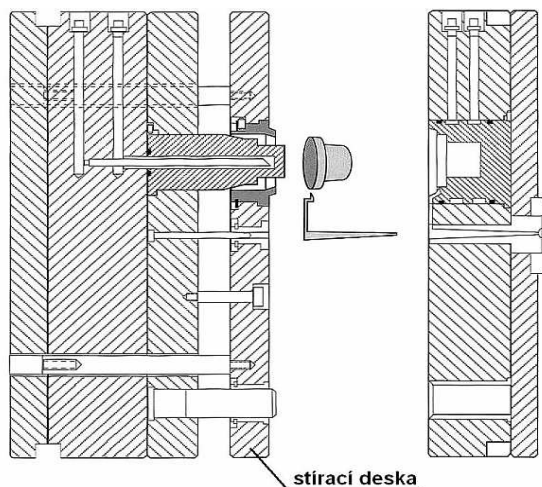
Druhy vyhazovacích systémů (také viz. Příloha 4):

a) pomocí vyhazovacích kolíků – nejčastější a nejlevnější způsob vyhazování výstřiku. Jeho výhodou je jednoduchost. Kolík se má opírat o stěnu nebo žebro výstřiku a nesmí ho při vyhazování bortit, aby nenastaly trvale deformace. Kolíky mají být dostatečně tuhé a snadno vyrobitelné. Ve formě sou uloženy v tolerancích H7/g6, H7/h6, H7/j6 podle požadované funkce a tekutosti plastu. Vůle v uložení působí jako odvzdušnění. Pohyb vyhazovače je většinou zajištěn hydraulickým (pneumatickým) válcem nebo se odvozuje od pohybu části formy, výjimečně od pružin. Vyhazovací kolíky jsou ukotveny ve dvojici pohyblivých desek. Ty, podle jejich funkce, nesou označení kotevní a vyhazovací deska. (26, 27)



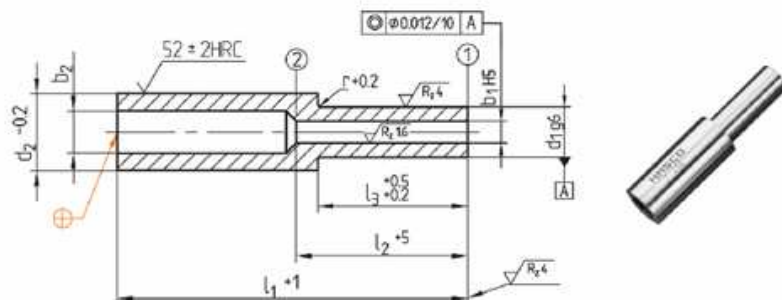
Obr. 13. Druhy vyhazovacích kolíků [23]

b) pomocí stírací desky nebo stíracího kroužku – dochází ke stahování výstřiku z tvárníku po celém jeho obvodu. Nezanedbává na výstřiku stopy po vyhazování. Deformace výstřiku jsou minimální a stírací síla velká. Používá se především u tenkostěnných výstřiků nebo u rozměrných, které vyžadují velkou vyhazovací sílu. Stírání je vhodné jen tehdy, dosedá-li výstřík na stírací desku v rovině nebo je plocha výstřiku mírně zakřivená. Lze použít i u vícenásobných forem. Stírací deska je ovládána tlakem vyhazovacího trnu. Působí přes vyhazovací desku spojenou táhly se stírací deskou.



Obr. 14. Stírací deska (28)

c) pomocí trubkového vyhazovače – funkce trubkového vyhazovače je speciálním případem stírání tlakem. Vyhazovač s otvorem má funkci stírací desky a pracuje jako vyhazovací kolík. Zatímco vlastní vyhazovací kolík je upevněn v pevné desce, nepohybuje se a tvoří jádro.



Obr. 15. Trubkový vyhazovač [23]

d) pomocí stlačeného vzduchu – při pneumatickém vyhazování se mezi výstřik a líc formy zavádí stlačený vzduch. Tím se umožní rovnoměrné oddělení výstřiku, vyloučí se místní přetížení a odstraní se stopy po vyhazovačích na výstřiku. Nevýhodou je omezené použití pneumatického vyhazování jen na některé tvary výstřiků. Tento systém je vhodný pro vyhazování slabostěnných výstřiků větších rozměrů ve tvaru nádob, které při vyhazování vyžadují zavzdušnění, aby se nedeformovaly. Vzduch se do dutiny formy přivádí přes talířový, jehlový ventil nebo různé kolíky. Ventil se otvírá tlakem vzduchu a zavírá pružinou.

1.5.4 Temperační systém [20, 21, 24]

Pro zajištění opakovatelnosti výroby musí hmota v dutině formy zchladnout z technologického a ekonomického hlediska co nejrychleji, a proto vstřikovací formy obsahují *temperační systém*. Temperačním systémem se rozumí systém kanálů a dutin, umožňujících přestup a prostup tepla z taveniny do formy a temperovací kapaliny. Teplota formy se udržuje na požadované výši pomocí chladicího média, které protéká soustavou chladicích kanálů.

S ohledem na vlastnosti výrobku by bylo žádoucí, aby se hmota ochlazovala ve všech místech stejnou rychlostí. Důsledky nerovnoměrného ochlazování se projevují např. tím, že výrobek obsahuje vnitřní pnutí nebo se deformuje anebo vzniknou trhliny.

Temperační systém bývá rozdělen do dvou dílčích okruhů, a to na okruh pro pevnou neboli vtokovou část formy a na okruh pro pohyblivou část. Rozmístění temperačních kanálů a jejich rozměry je nutno navrhnout s přihlédnutím k celkovému řešení formy, např. umístění vtokové soustavy, vyhazovacích systémů, tvarových vložek a jiných dílů, ale i k požadavku na těsnost temperačního okruhu. Vzdálenost kanálů od líce formy má být navržena tak, aby nedošlo k porušení povrchu tvarové dutiny formy a aby v tvarové dutině nevznikala podchlazená místa. Výhodnější je použít větší počet malých kanálů než naopak.

Kolem dutiny formy se kanály rozmísťují rovnoměrně a v optimálním případě je jejich vzdálenost od líce formy všude stejná. Pouze tam, kde je třeba zvýšit intenzitu chlazení, se kanály přiblíží líci formy nebo se zmenší vzdálenost mezi nimi. Průřez kanálů se volí zpravidla kruhový a bývá (6 až 20) mm. Průměr chladicích kanálků není důležitý jen pro vytvoření homogenního teplotního profilu dutiny formy, ale závisí na něm i tlak kapalného média (voda, olej) v chladicím okruhu. Pokud je průměr kanálků malý, s otevřeným vodním chladicím okruhem nemůžeme vystačit.

Konstantní teplota je při výrobě technických výlisků významným faktorem. K temperaci forem se všeobecně doporučuje používat jednotky s uzavřeným tlakovým okruhem. Pro vyformování tvarově členitých výstřiků je někdy potřeba udržovat teplotu pevné a pohyblivé poloviny formy na rozdílných hodnotách a musíme proto použít dvě temperační jednotky. Teplota tvárnice bývá obvykle v tomto případě nižší než teplota tvárníku.

Celková délka kanálů má být taková, aby rozdíl teplot temperační kapaliny na vstupu a na výstupu byl max. (3 až 5) °C.

1.5.5 Odvzdušňovací systém [23, 28, 29]

Odvzdušnění tvarových dutin forem zdánlivě nepatří k hlavním problémům při navrhování forem. Jeho důležitost obvykle vyplývá až při zkoušení hotového nástroje, kdy odvzdušnění může být příčinou nekvalitního vzhledu výstřiku, nebo jeho nízkých mechanických vlastností. Čím je větší rychlost plnění, tím účinnější musí být odvzdušnění tvarové dutiny. Vzduch z dutiny formy často uniká dělicími rovinami, vůlemi mezi pohyblivými částmi apod. V ostatních případech je třeba formu opatřit odvzdušňovacími kanály. Velikost mezer bývá až do 0,05 mm v závislosti na polymeru

Při plnění dutiny formy taveninou je třeba zajistit jednak únik vzduchu, který je v ní obsažen na začátku vstřiku, a dále i plynů uvolňujících se při ochlazování. Nejčastějším jevem při rychlém plnění je stlačení vzduchu, který se vlivem vysokého tlaku silně ohřívá a způsobuje tzv. *Dieselův efekt* (spálené místo na výstřiku). To obvykle není ze vzhledových nebo pevnostních důvodů přípustné, proto musí odvzdušnění být účinné. Je-li nutné zvyšovat vstřikovací tlak vlivem nedokonalého odvzdušnění, vnáší se tím zbytečně do výstřiku vnitřní pnutí. I jeho hmotnost roste.

1.5.6 Údržba, opravy a uskladnění [19, 21]

Údržbu forem je nutné rozdělit do dvou následujících skupin:

1) Údržba během provozu formy:

- a) pravidelné promazávání pohybujících se dílů (vodící kolíky, pouzdra, vyhazovače, šikmé kolíky)
- b) odstraňování případných zástriků a otřepů ze všech dostupných částí formy
- c) údržba a kontrola temperačního systému formy
- d) po vylisování prvního kusu dílce a dále v průběhu dalšího vstřikování provádět kontrolu úplnosti tvaru, kompletnosti zálsků, závitů a přesnosti rozměrů
- e) čištění vtokové soustavy, trysky stroje a dělicí roviny
- f) veškeré pomůcky na čištění musí být z plastu, tvrdého dřeva, hliníku či mědi, aby nebyla forma nijak poškozena
- g) poslední vystříknutý kus z výrobní série uložit spolu s formou do skladu forem.

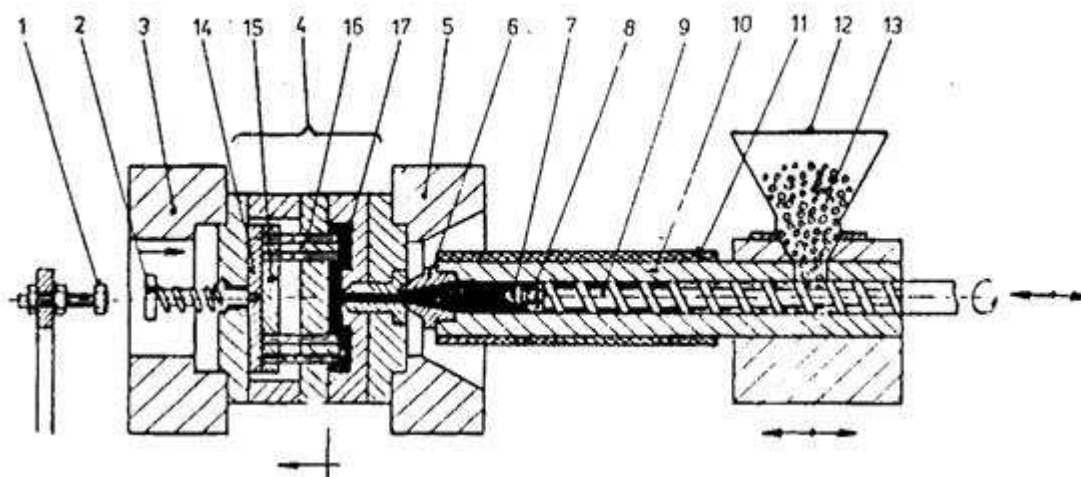
2) Údržba po odstavení formy:

- a) kontrola dělicí roviny a otřepů podle posledního vystříknutého kusu
- b) kontrola opotřebení funkčních částí formy (vyhazovače, vodící části, atd.)
- c) v případě zatékání taveniny do nepřístupných částí je nutno formu rozebrat a vyčistit
- d) zkontrolovat temperační systém formy
- e) v případě, že zjistíme opotřebení nebo poškození, ihned zařídit opravu
- f) před uložením do skladu nakonzervovat hlavně funkční části formy.

1.6 Vstřikovací stroje [20]

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

Vstřikovací stroj se skládá ze *vstřikovací jednotky, uzavírací jednotky a z řízení a regulace*. Schéma vstřikovacího stroje je na Obr. 16. Každý výrobce vstřikovacích strojů je schopen vybavit vstřikovací stroj tak, aby plnil funkci částečně nebo plně automatizovaného pracoviště, tj. dovybavit stroj manipulátory, roboty, temperačním zařízením, dávkovacím a mísícím zařízením, sušárnami, dopravníky pro výrobky a vtoky, mlýny, atd.



Obr 16. Schéma vstřikovacího stroje [24]

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

1.6.1 Parametry [20]

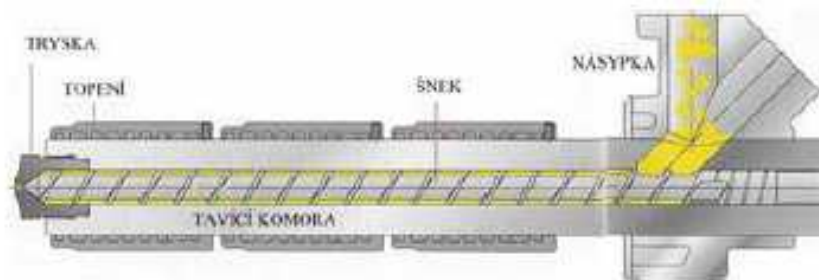
- **vstřikovací tlak** – vstřikovací síla vztažená na jednotku plochy čela vstřikovacího šneku nebo pístu,
- **vstřikovací kapacita** – maximální objem taveniny v cm^3 (max, objem dávky), který lze při daném průměru šneku dopravit při jednom cyklu ze stroje do formy,
- **plastikační kapacita** – maximální množství plastu v kilogramech, které lze na daném stroji převést do taveniny za jednu hodinu,
- **přidržovací síla** – maximální síla v kN, kterou je daný stroj schopen vyvodit mezi pevnou a pohyblivou deskou uzavírací jednotky stroje. Přidržovací síla drží upnutou vstřikovací formu v uzavřené poloze během vstřikovacího procesu,
- **uzavírací síla** – vyvozena stejně jako přidržovací, ale na nižší hodnotě. Zajišťuje pohyby vstřikovací formy při uzavírání a otevírání během vstřikovacího procesu.
- **vyhazovací síla** – síla v kN, kterou přeneše vyhazovací systém vstřikovací formy při vyhazování ztuhlého výstřiku z tvarové dutiny formy.

1.6.2 Vstřikovací a plastikační jednotka [19, 20, 24]

Vstřikovací jednotka plní dva hlavní úkoly:

- přeměňuje granulát plastu na homogenní taveninu o dané viskozitě

- vstřikuje taveninu vysokou rychlostí a velkým tlakem do dutiny formy.



Obr. 17. Řez vstřikovací a plastikační jednotkou [24]

První vstřikovací jednotky, které byly použity pro vstřikování plastů již na konci 19. století, byly jednotky pístové. Jejich princip byl převzat z lití roztavených kovů pod tlakem. Udržely se až do poloviny 20. století, kdy byly postupně zcela vytlačeny jednotkami šnekovými. Dnes se používají jen výjimečně, a protože význam pístových vstřikovacích jednotek je v současnosti zanedbatelný, bude se další text týkat hlavně vstřikovacích jednotek se šnekem. Rozdíl obou typů strojů je dán konstrukcí tavicí komory. Jejím úkolem je převést do plastického stavu v co nejkratší době co největší množství hmoty a zajistit maximální teplotní homogenitu taveniny.

Pohyb plastu v komoře je u pístových strojů zajišťován pístem, u šnekových šnekem. Konstrukcí šnekových vstřikovacích strojů byly s úspěchem vyřešeny všechny hlavní nedostatky pístových strojů. Mezi největší přednosti šnekových strojů patří:

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

Činnost šnekového stroje je následující:

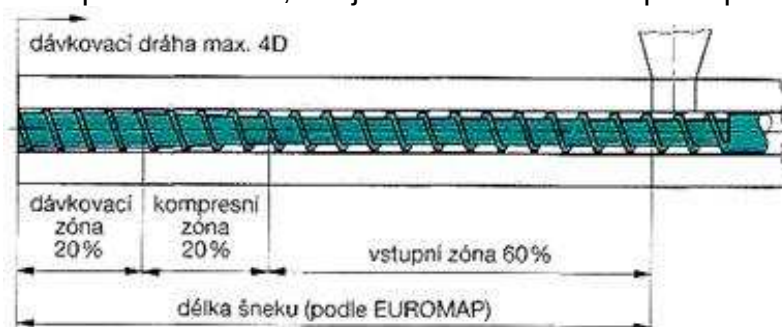
Při plastikaci se šnek otáčí a v hrdle násypky nabírá granulovaný plast, který stlačuje a dopravuje jej do vytápěných částí tavicí komory, kde se materiál taví a jako tavenina se hromadí před čelem šneku. Šnek během otáčení ustupuje dozadu. Po fázi plastikace potřebného množství plastu se otáčivý pohyb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

Konstrukce šneku je přizpůsobena činností, který šnek musí vykonávat, tj. dávkování a doprava materiálu, plastikace, hnětení a vstříknutí do formy. Vývojem vstřikování se dospělo od obyčejného šneku k diferenciálnímu šneku, pro který je typický kompresní poměr, který je definován jako poměr objemu šnekového profilu pro jedno stoupání závitů pod násypkou k objemu profilu v části šneku před tryskou. Kompresní poměr bývá v rozmezí od 1,5 do 4,5. Kompresního poměru lze dosáhnout buď změnou úhlu stoupání závitů, což se však vzhledem k obtížnější výrobě používá

málo, nebo změnou průměru jádra šneku, tedy změnou hloubky drážky, zatímco úhel stoupání je konstantní.

Na šneku je možno rozlišit tři funkční pásma. Pod násypkou je šnekový kanál (nazývaný také drážka šneku) nejhlubší a průměr jádra šneku nejmenší. Hloubka je konstantní. Toto pásmo se nazývá vstupní nebo také dopravní, někdy i dávkovací. Zpracovávaný materiál je v něm hlavně stlačován, čímž se vytěsňuje vzduch z prostoru mezi granulemi, a ohříván, a teprve na konci této části může začít i tát. Ve druhém, prostředním pásmu, se průměr jádra šneku směrem k trysce zvětšuje a hloubka šnekového kanálu se zmenšuje.

Důsledkem toho dochází ke značnému stlačování materiálu, a proto se této části říká pásmo kompresní nebo přechodové. V ní dochází k nejintenzivnějšímu tání granulátu. Vzniklá tavenina je však zatím teplotně nehomogenní. Homogenizace je úkolem posledního pásma šneku u trysky. Toto pásmo se proto jmenuje hnětací neboli homogenizační anebo výstupní. Hloubka šnekového kanálu je po celé délce výstupního pásma opět konstantní, ale je menší než ve vstupním pásmu.



Obr. 18. Diferenciální šnek [24]

Důležitou částí šneku je jeho zakončení, neboť tavenina má při vstřikování snahu téci šnekovým kanálem zpět směrem k násypce. Tato tendence je tím větší, čím má hmota vyšší tekutost. Proto se zakončení šneku konstruuje tak, aby se tomuto jevu zabránilo. Existují různá řešení, jako je tupé zakončení šneku nebo prodloužené zakončení špičky šneku, ale nejspolehlivější je zakončení se zpětným uzávěrem (ventilem).

Délka šneku se však nevyjadřuje v jednotkách délky, ale jako poměr délky šneku a jeho průměru, tedy L / D . Délka šneku u vstřikovacích strojů na termoplasty bývá obvykle (15 až 20) D .

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

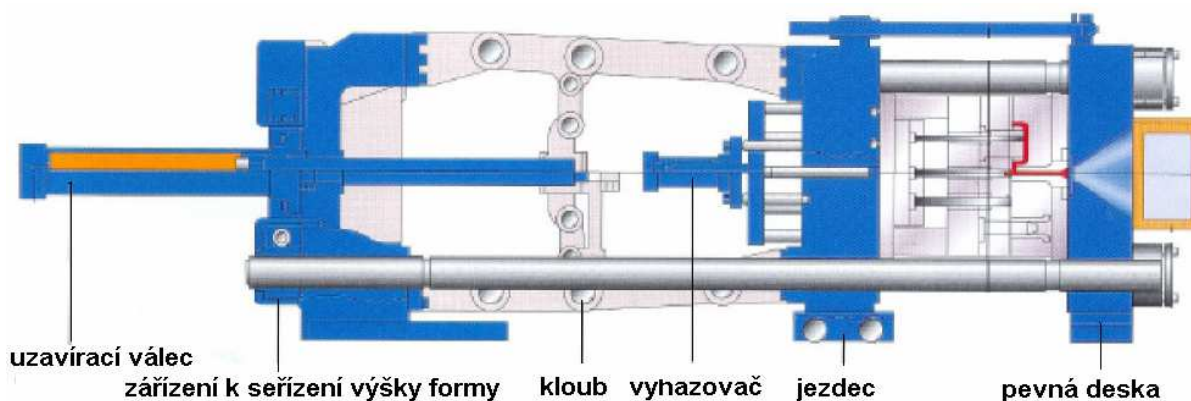
Trysky se konstruují buď jako otevřené (vysoce viskózní materiály) s otvorem o průměru 3 až 8 mm, nebo jako uzavíratelné, které se otevrou pouze při dosedu vstřikovací jednotky na formu, viz. Příloha 5. Tryska zajišťuje spojení mezi komorou a formou, protože přivádí taveninu do vtokových kanálů ve formě.

1.6.3 Uzavírací jednotka [24, 28]

Ovládá formu a zajišťuje její dokonalé uzavření, otevření i případné vyprázdnění. Má nejrůznější provedení:

- **hydraulická uzavírací jednotka** – umožňuje pootevření nástroje hydraulickým tlakem a vyžaduje zajištění závorou. Výhodou těchto jednotek je nastavení libovolné hloubky otevření nástroje.
- **hydraulicko - mechanická jednotka** – nejčastěji používaná u strojů malých gramáží. Zaručuje vyšší rychlost uzavírání s potřebným uzavřením formy a dostatečnou tuhost. Je konstruována jako kloubový mechanismus ovládaný hydraulickým válcem. Některé konstrukce uzavíracích jednotek jsou bez vodících sloupů.
- **elektro - mechanická jednotka** – v dnešní praxi se čím dál více začíná objevovat u nejmodernějších strojů.

Moderní vstřikovací stroje mají průběh rychlosti uzavírací části proměnný, a to tak, že forma se nejprve uzavírá velkou rychlostí a těsně před uzavřením se pohyb uzavírání zpomalí. Tím se zabrání rázům na formu. Otevírání začíná rychlým otevřením a těsně před najetím na vyhazovací mechanismus se pohyb zpomalí.



Obr. 19. Schéma uzavírací jednotky [24]

Uzavírací jednotka se skládá z těchto hlavních částí: opěrné desky pevně spojené s ložem stroje, pohyblivé desky (jezdec), na kterou je upnuta pohyblivá část formy, upínací desky s otvorem pro trysku stroje, na kterou se připevní nepohyblivá část vstřikovací formy, vedení pro pohyblivou desku, uzavíracího a přidržovacího mechanismu.

1.6.4 Řídicí a ovládací systém [25, 28]

Stupeň řízení a snadná obsluha stroje je charakteristickým znakem jeho kvality. Stálá reprodukovatelnost technologických parametrů je význačným a nutným faktorem. Pokud tyto parametry nepřiměřeně kolísají, projeví se tato nerovnoměrnost na přesnosti a kvalitě výroby výstřiku.

Novější koncepce vstřikovacích strojů se v současnosti neobejdou bez výkonné procesorové techniky. Místo obvyklé textové formy nastavování technologických parametrů se využívá nejrůznější grafické formy řízení pracovního cyklu na displeji s přístupem k jednotlivým parametrům stroje. Pracovní cyklus sestavený do potřebných programových sekvencí je pak snadno kontrolovatelný a případně i upravitelný.

2 TECHNOLOGIE POKOVENÍ PLASTŮ [1]

Kovovým povlakem na povrchu výrobku se dosáhne jednak efektního kovového vzhledu a jednak i změn řady vlastností: celkově se zlepší mechanické vlastnosti, zmenší se navlhavost, propustnost pro kapaliny a plyny a zvětší se odolnost proti chemikáliím, zlepší se tvarová stálost proti působení zvýšené teploty, výrazně se zmenší stárnutí plastu. Rozhodující vliv pro úspěšné pokovení plastových výrobků má způsob výroby dílů, neboť z hlediska adheze kovového povlaku k plastu jsou rozhodující technologické podmínky zpracování a s tím související úprava povrchu před vlastním pokovením.

Tenký kovový povlak na povrchu výrobku z plastu se vytváří postupy, které se dají podle hlavních rysů rozdělit na *chemické*, *galvanické* a *vakuové* způsoby pokovování. Povrch výrobků je třeba před pokovováním upravit, aby bylo dosaženo dobré adheze na polymerní povrch. Díly nesmí mít vady, nesmí být mastné, povrch musí být dokonale čistý, neboť platí, že kovový povlak vadu ještě zvýrazní.

2.1 Chemické pokovení [1, 4, 7]

Při *chemickém pokovování* (bezproudové) se kov vylučuje na povrchu předmětů z roztoku soli povlakového kovu působením redukčního činidla buď trvale obsaženého v pokovovací lázni, nebo je redukční činidlo dodáváno až na speciálně upravený povrch předmětů. Redukční činidla tedy usnadňují chemickou reakci mezi povrchem a ionty kovu.

Tímto způsobem se plasty pokovují nejčastěji mědí nebo niklem, ale i stříbrem a zlatem. Výhodou chemického pokovení je vytvoření vrstvy o stejné tloušťce (v rozmezí 40 nm až několik μm). Takto vytvořená vrstva je buď konečnou vrstvou, nebo může být použita jako podklad pro galvanické pokovování.

Redukční činidlo:

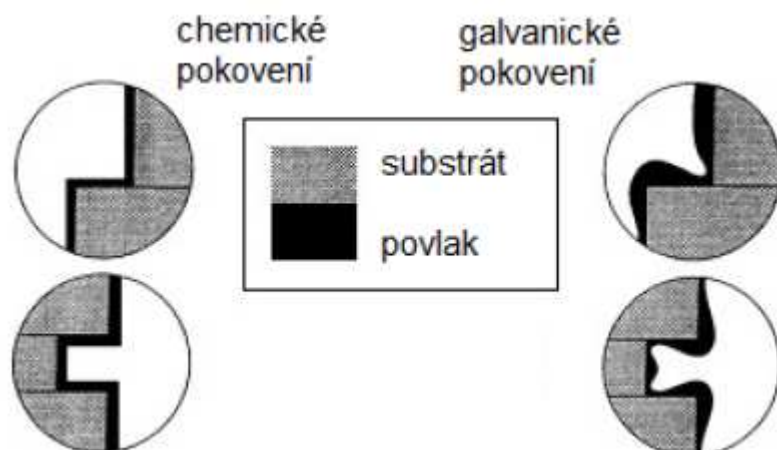
Borany - bezbarvé diamagnetické látky, střední tepelná stálost, s rostoucí molekulovou hmotností přecházejí na těkavé kapaliny až na pevné látky, toxické při vdechování nebo po absorpci kůží, borany jsou mimořádně reaktivní, některé jsou i samozápalné v kontaktu se vzduchem. Pro chemické pokovování plastů se nejčastěji používá tetrahydroborat sodný ($\text{Na}[\text{BH}_4]$).

2.2 Galvanické pokovení [1, 3, 4]

Galvanické pokovování spočívá ve vyloučení kovu z roztoku účinkem stejnosměrného elektrického proudu. Základní vodivá vrstva na plastu se vytváří chemickým pokovením. Dosažitelná tloušťka kovové vrstvy se pohybuje kolem (25 – 35) μm a může se skládat i z více vrstev, nanesených postupně. Galvanicky se pokovují téměř všechny termoplasty, ale nejlepších výsledků bylo dosaženo u ABS, kde je nejlepší adheze.

Galvanizace plastového dílu z ABS probíhá v následujících hlavních krocích. Zpravidla je tvarový díl naleptán v roztoku kyseliny chromsírové. Následuje aktivace / dotování ušlechtilým kovem (nejčastěji palladiem). Poté je na povrchu chemickou redukcí usazena vrstva niklu a dále je většinou vyloučena vrstva imersní mědi, která

slouží k zesílení vodivosti. První elektrolyticky nanášenou vrstvou je vrstva mědi (vyloučení z roztoku), následuje vícenásobná niklová vrstva a nakonec vrstva chromu.



Obr. 20. Rovnoměrnost tloušťky povlaku při chemickém a galvanickém vyloučení [4]

Nevýhodou procesu je vznik vrstvy o nestejně tloušťce (větší nárůst vrstvy na hranách, viz. Obr. 20). Pouze při dodržení přesných technologických parametrů, při výběru vhodného materiálu a při konstrukci dílu sladěné s následným galvanizačním procesem je možno vylučovat na povrch výrobku galvanické vrstvy, které odpovídají požadavkům zákazníka. Přitom je obecně důležitým kritériem pečlivá a opatrná manipulace s díly. Celkem projdou výrobky přibližně 40 různými lázněmi včetně oplachovacích stanic.



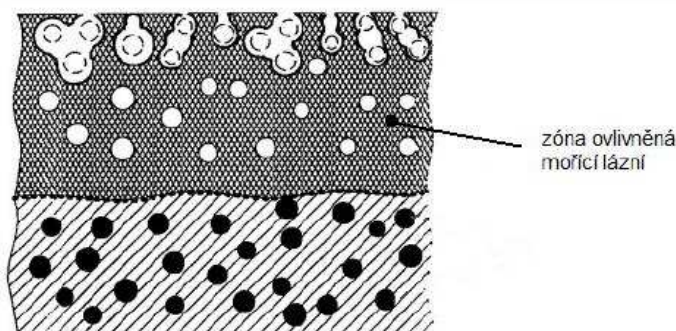
Obr. 21. Ukázka automatizované galvanizační linky [5]

Předúprava povrchu

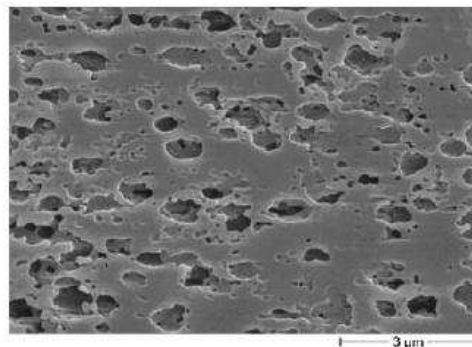
V rámci předúprav se provádí jemné zdrsňení, leptání a povrchové zcitlivění palladiem nebo stříbrem (odmašťování není nutné, protože většina plastových dílů se lisuje bez přítomnosti olejů). Leptáním se povrch zdrsňuje, vytvoří se dutinky a tím

vznikne základ pro následné pokovení. Pro různé plasty se používají různé mořicí lázně (např. kys. fluorovodíková, směs kys. sírové a oxidu chromového).

Princip účinku mořicí lázně (Obr. 22) a skutečný vzhled povrchu plasty po úpravě v mořicí lázni (Obr. 23).



Obr. 22. Účinek mořicí lázně [4]



Obr. 23. Vzhled povrchu po moření [4]

Nevýhodou mokrého způsobu úpravy povrchu je problematická likvidace lázní, zdravotní rizika pro obsluhující personál a změna vzhledu výrobku naleptáním.

Aktivace

Společným krokem všech technologií pokovování je aktivace povrchu. Nejčastěji se nanáší tenká aktivační vrstva ušlechtilého kovu (palladium, stříbro), která „zaběhne“ i do dutin na povrchu plasty.

Jinou možností je aktivace pomocí vysokofrekvenčního plasmového paprsku. Vysokou frekvencí se aktivují plyny (např. argon, kyslík, dusík) a vzniklé ionty, radikály a neutrální částice jsou urychlovány směrem k povrchu plasty. Kromě aktivace tak dochází i k odstranění oxidů a organických látek na povrchu plasty. Odpadá přitom výše uvedené leptání povrchu a s ním spojené nevýhody.

2.3 Vakuové pokovení [1]

Pokovování ve vakuu je metoda, při které dochází k napařování kovů na plast za velmi nízkých tlaků (10^{-3} až 1 Pa) při teplotách, kdy dochází k odpařování kovu. Předměty musí být umístěny ve vzdálenosti menší, než je volná dráha molekul par kovu. Nejčastěji se nanáší hliník a dosahované tloušťky vrstvy při pokovení jsou (0,1 až) 1 μm . Lze nanášet tyto kovy: Al, Cu, Ni, Cr-Ni, Au, Ag, Ti, mosaz, bronz nerez.

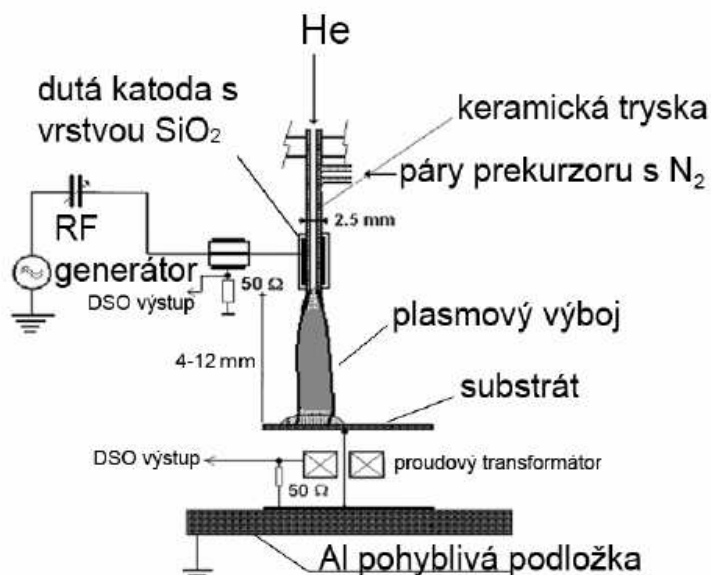
Používají se 2 základní principy nanesení vrstvy kovu, a to metoda **PECVD** a **PVD**.

2.3.1 Metoda PECVD (*Plasme Enhanced Chemical Vapor Deposition*) [13, 16]

Metoda vychází z chemické metody depozice vrstev CVD, avšak za využití plazmatu (plazmaticky aktivovaná CVD metoda). Metoda PECVD je založena na zvýšení energie plynné atmosféry v komoře pomocí její ionizace a aktivace v plazmatickém výboji. Energeticky výbojové prostředí je dostatečné k rozkladu molekul na různé složky – elektrony, ionty, atomy v základním a excitovaném stavu, volné radikály, atd. Výsledným efektem chemických reakcí mezi těmito reaktivními molekulárními fragmenty je, že dochází k chemickým reakcím při mnohem nižších teplotách než u konvenčních CVD technik. Takovéto chemicky aktivované plazma umožňuje snížit teplotu potřebnou pro vznik vrstvy na povrchu substrátu. Takže dříve vysokoteplotní reakce (950 – 1050) °C mohou úspěšně probíhat i na teplotně

citlivých materiálech (např. právě termoplasty). Pracovní teploty se pohybují od 50 do 500 °C, tlaky jsou mezi 10 až 100 Pa. Tento způsob se používá i pro přípravu povlaků z amorfního křemíku, kompozitů kov-uhlík, karbidu hliníku pro mikroelektroniku a nitridu křemíku pro solární články.

Plazma lze vytvořit pomocí vnějšího elektrického napájecího zdroje (nízkofrekvenční střídavé napětí, vysokofrekvenční střídavé napětí, stejnosměrné napětí, pulzní stejnosměrné napětí) nebo reaktivním plynem (např. C_2H_2 , CH_4).



Obr. 24. Schéma aparatury [14]

Hlavními výhodami tohoto typu povlakování jsou významně nižší depoziční teploty než v případě CVD a přesnost depozice.

Za nevýhody lze považovat skutečnost, že tento druh povlakování jde jen obtížně použít pro povlakování dutin a drážek.



Obr. 25. Skutečné PECVD zařízení [18]

2.3.2 Metoda PVD (*Physical Vapor Deposition*) – obecně [9, 12]

Protože je tato metoda nejvhodnější a nejvíce používaná pro aplikaci pokovení parabol světlometů, podrobněji se jí budu věnovat v této podkapitole.

Povlak je nejčastěji vytvářen:

- **odpařováním** (odpaření kovových iontů nízkonapěťovým obloukovým výbojem),
- **naprašováním** (oddělení částic z povrchu zdroje na základě fyzikálního procesu odprášení ve vakuu nebo za sníženého tlaku plynu).

Před samotným začátkem nanášení povlakovacích vrstev je nutné dodržet postup přípravy základního materiálu povlakovaného výrobku:

1) Dokonalé očištění a odmaštění

K odmaštění se používají mírně alkalické vodné roztoky tenzidů, ultrazvukové lázně a oplachy vodou. Suší se proudem teplého vzduchu nebo nahříváním v sušičkách. Vše v závislosti na možnostech výroby.

2) Druhá část přípravy povrchu probíhá již ve vakuové komoře

Nejprve se odčerpávají povrchově vázané plyny a pak se proudem iontů plynu nebo kovu odstraní několik nanometrů povrchové vrstvy. Zároveň se součásti ohřívají. Přípravná fáze končí dosažením maximální možné čistoty povrchu výrobku a jeho zahřátí na požadovanou teplotu. Teplota vhodná pro povlakování se může měnit v závislosti na vlastnostech povlakovaných předmětů a druhu povlaku (30 až 500) °C.

Výhodou procesu je sloučení aktivace a metalizace do jednoho kroku. Nevýhodou pak vysoké investice a časová náročnost procesu (nutnost vytvoření vakua).

Odpařování [8, 9, 10, 11, 13]

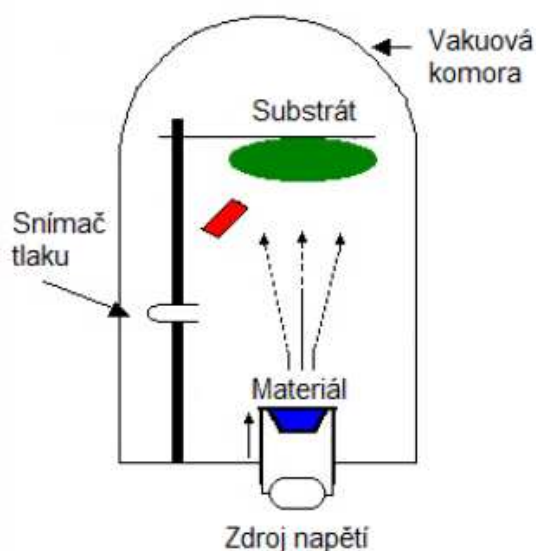
Při této metodě je materiál odpařován z terčů, které jsou ohřívány různými způsoby. Substrát může být ohřát na požadované předpětí použitím stejnosměrného nebo střídavého napájení (RF frekvence v rozsahu (500-1000) kHz). Odpařování probíhá ve vakuu za tlaku (10^{-3} až 10^{-8}) Pa. Za tohoto tlaku je střední volná dráha vzdálenosti terč – substrát velmi velká (až 10^7 cm). Odpařené atomy se pak pohybují na povrchu substrátu po nekolizních drahách a vzniká tak nerovnoměrná tloušťka povlaku. Aby se střední volná dráha zmenšila, je do komory přiváděn odpovídající plyn (např. argon) o tlaku (0,7 až 26,7) Pa. Odpařené částice se při pohybu na substrát několikrát srazí, a to vede k vytvoření povlaku s rovnoměrnou tloušťkou.

Odpařovací zdroje se dělí do skupin podle způsobu ohřevu pro přeměnu z tuhého nebo kapalného stavu do plynné fáze (odporové, indukční, obloukové, paprsek elektronů, laser, atd.).

Nejjednodušší odporové zdroje jsou vyhřívané dráty a fólie různých typů. Jsou také dostupné v různých tvarech a velikostech, cena je nízká. Obvykle z kovů s vysokou teplotou tání (wolfram, tantal). Používají se hlavně na experimenty. Objem a hmotnost odpařovaného materiálu jsou u odporových zdrojů malé (max. 1g). Odpor těchto zdrojů je malý, nepotřebují proto vysoké výkony napájení (1 až 3) kW a proud (20 až 500) A.

Obloukové odpařování využívá katodické obloukové systémy, které jsou dvojího druhu: **pulzní** (oblouk je opakovaně zapalován a zhášen pomocí kondenzátoru) a **kontinuální** (jednoduché a využití celého terče, nevýhodou je tvorba mikročástic).

Zařízení pro vakuové obloukové odpařování se skládá z centrální válcové katody, která je rozdělena např. na dvě části. Katoda je chlazena vodou. Tlak v komoře asi 0,2 Pa. Substráty (negativní předpětí 200 V) jsou umístěny v rotujících držácích, které jsou symetricky rozmístěny kolem centrální katody. Materiál terče je odpařován pomocí nízkonapěťového oblouku za daných podmínek hoření oblouku za nízkého tlaku. Na anodě (vakuová komora zařízení) hoří oblouk po celé ploše, na katodě (terči) hoří jen bodově (o průměru asi 20 μm). Katodová skvrna se po terči pohybuje náhodně rychlostí asi 50 m s^{-1} . Proud asi 100 A, teplota v místě skvrny asi (10000 až 20000) $^{\circ}\text{C}$. Pohyb katodové skvrny ale můžeme řídit magnetickým polem, čímž lze zajistit řízené odpařování požadovaného materiálu.



Obr. 26. Schéma obloukového odpařování [4]

Výhody obloukového odpařování:

- variabilní uspořádání (obdélníková, kruhová či jiná katoda v libovolné poloze),
- lze odpařovat všechny elektricky vodivé materiály,
- reaktivní plyny jsou aktivovány plazmou, to zlepšuje proces depozice,
- znečištění terče je mnohem menší než u reaktivního naprašování.

Nevýhody obloukového odpařování:

- lze odpařovat pouze elektricky vodivé materiály,
- vysoké zatížení tepelnou radiací na anodě,
- roztavené mikročástice vyražené z katody se mohou dostat do povlaku a vytvořit kuličky na povrchu.

Naprašování [8, 9, 10, 11, 13, 16]

Většinou probíhá ve vakuu nebo při nízkém tlaku plynu ($< 0,7$ Pa). Částice, které byly odprášeny, se dostanou na povrch substrátu bez kolize s molekulami plynu (v prostoru mezi zdrojem a substrátem).

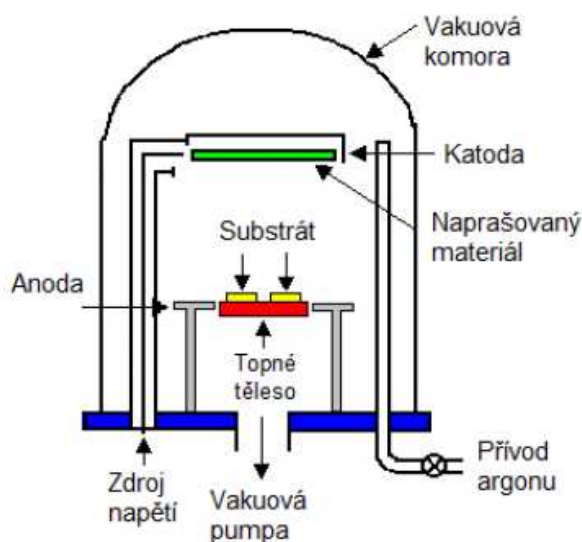
Tato metoda umožňuje vytvářet povlaky z těžkovatelných materiálů bez potřeby ohřevu terče na vysokou teplotu, která je potřeba u předchozí metody (odpařování). Naprašovací zařízení se skládá z katody (terče) vyrobené z materiálu, který má být nanesen, držáku substrátu, odprašovacího plynu, vakuové komory, čerpacího systému a zdroje energie. Doutnavý výboj hoří ve zředěném inertním plynu (argonu) ve vakuové komoře (10^{-2} až 10^{-5} Pa, ta plní funkci anody. Nad záporně nabitým

terčem (-500 až -1000) V se udržuje argonová plazma, jejíž kladné ionty jsou urychleny na terč, a při dopadu vyrážejí (odprašují) jednotlivé částice.

Nejjednodušší systém naprašování je pomocí doutnavého výboje rovinné diody. Skládá se z katody (terč) a anody (na ni je upevněn substrát). Jsou proti sobě umístěny ve vzdálenosti (50 až 100) mm. Terč chlazený vodou má dvě funkce – zdroj povlakovacího materiálu a zároveň zdroj sekundárních elektronů pro udržení doutnavého výboje. Proud výboje narůstá, když zvýšíme napětí. Tím se také zvýší intenzita naprašování. Tu můžeme také zvýšit zvětšením tlaku plynu, ale jen do určité meze, pak už intenzita klesá.

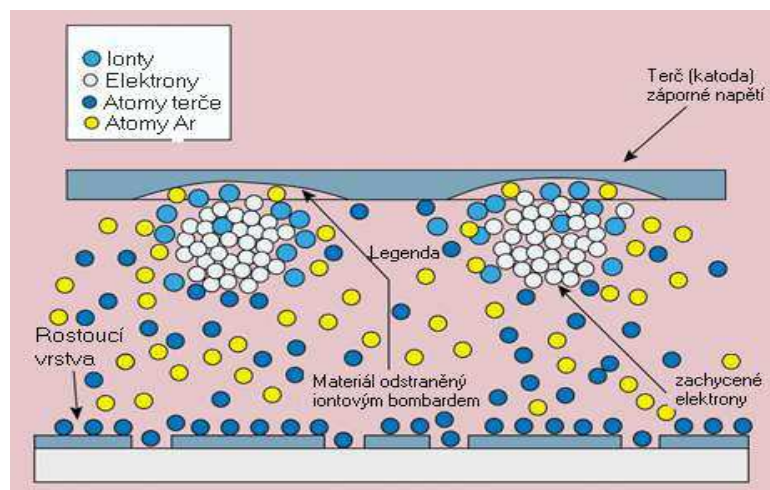
Rychlost depozice je ovlivněna – hustotou výkonu na povrchu terče, velikostí erodované oblasti, vzdáleností mezi terčem a substrátem, materiálem terče a tlakem pracovního plynu.

Tato metoda je velice jednoduchá a nenáročná na výrobu terče. Má ale několik nedostatků – nízká rychlost depozice a ohřev substrátu.



Obr. 27. Schéma magnetronového naprašování [4]

Účinnost ionizace poblíž terče můžeme zvýšit pomocí magnetického pole (**magnetronové naprašování**). Proces může být provozován při tlacích asi 10^{-1} Pa s vysokou proudovou hustotou, a zajišťovat tak vysokou intenzitu naprašování. Metoda magnetronového naprašování je založena na rozprašování pevného terče (katoda) ionty pracovního plynu extrapolovanými z plazmatu doutnavého výboje. Ten je lokalizován pomocí magnetického pole v těsné blízkosti katody. Elektrony plazmatu se zachycují v "tunelu" siločar magnetického pole a driftní podél tunelu. Tím se značně prodlouží jejich dráha, zvýší se počet srážek a vytvoří husté plazma. Kladné ionty dopadají z plazmatu na terč. Částice rozprášeného terče prochází plazmatem směrem k substrátu, na kterém je záporné předpětí. Magnety magnetronů se nacházejí podél vnějšího okraje a uprostřed katody (když má kruhový tvar). Pokud je síla vnitřních a vnějších magnetů stejná, jedná se o *vyvážený magnetron*. Pokud je jeden magnet silnější, jedná se o *nevyvážený magnetron*. Vyvážené magnetrony vytváří symetrické magnetické pole, kde siločáry zůstávají těsně u terče, řídí plazmu a chrání povrch terče před přehřátím. Nevyvážené magnetrony tvoří otevřené magnetické pole, siločáry se tak rozbíhají do komory.



Obr. 28. Schéma magnetronového naprašování [16]

Vytvořené povlaky neobsahují mikročástice, které se objevují u obloukového odpařování. Snadno lze nanášet vícevrstvé povlaky s různým chemickým složením (multivrstvy) a povlaky s průběžně měnícím se složením (gradientní vrstvy). Při této metodě se ionizuje pouze pracovní plyn, ne rozprašovaný materiál. To ale vede v některých případech k horší adhezi vrstev k podkladu.

Výhody naprašování:

- lze odprašovat a ukládat prvky, slitiny a chemické sloučeniny,
- odprašovaný terč je stabilním zdrojem par a má vysokou životnost,
- velmi nízké tepelné zatížení,
- terč a substrát mohou být umístěny blízko sebe,
- depoziční komora může mít malý objem.

Nevýhody naprašování:

- intenzita naprašování je proti intenzitě tepelného odpařování nízká,
- pro vytvoření rovnoměrného povlaku je třeba pohyblivé upevnění substrátu,
- terče často drahé a využití materiálu špatné,
- většina energie dopadající na terč se mění v teplo, které se musí odvádět,
- nutné přesné řízení složení atmosféry, aby se neznečistil terč.

2.3.3 Metoda PVD – pro zadanou součást

Pro zadanou součást (parabolu světlometu) jednoduchého otevřeného tvaru a malou výrobní sérii 50 000 kusů bohatě postačí nejlevnější ze všech metod vakuového pokovení, což je PVD metoda **odpařením**. Nenastane zde žádný problém, co se týče nanesení rovnoměrné vrstvy hliníku. Problém by dělaly pouze dílce hlubokého a úzkého tvaru. Čím více bychom sledovali nanesenou vrstvu směrem ke dnu, vrstvy by ubývalo, nebo by nedošlo k pokovení vůbec. Možnosti této technologie jsou tak tímto omezené.

Dostatečně vyhovující stroj Leybold Alumet 2000 spolu s následujícím postupem pokovení byl konzultován s vedoucím technologem pokovování firmy Automotive Lighting, s. r. o. Jihlava:

- 1) výstřiky (substrát) jsou z lisovny plastů převezeny k pokovovacímu zařízení,
- 2) výstřiky obsluha navěší na planetové rotační držáky, ofoukání hrubých nečistot,



Obr. 29. Zavěšené a ofoukané výstřiky pro pokovení

3) klec se substráty se zaveze do vakuové komory pokovovacího zařízení,

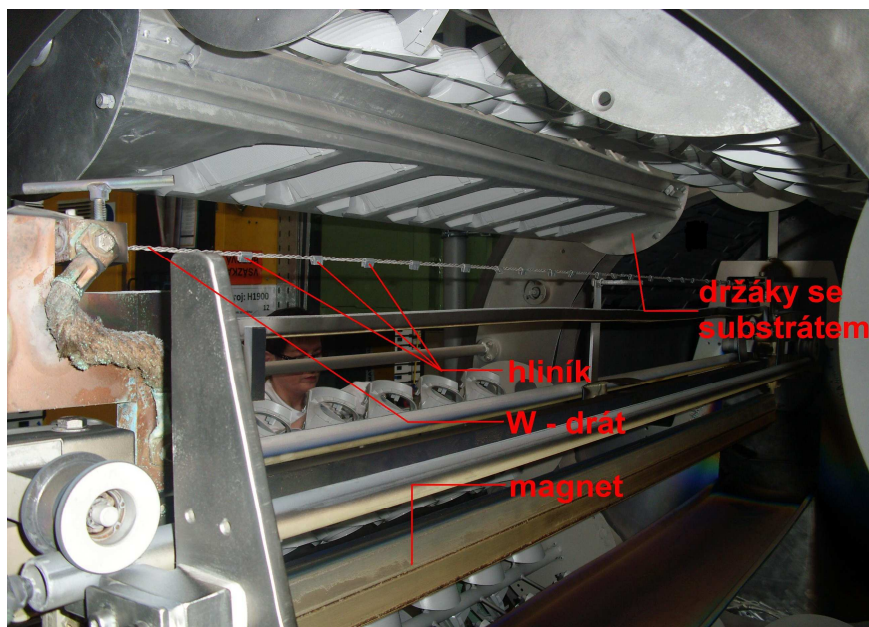


Obr. 30. Vakuová komora pokovovacího stroje Leybold Alumat 2000

4) po zavření poklopu se spustí automatický proces pokovování, který má tři fáze:

- **fáze žhavení** – předpříprava povrchu (nastavuje se čas, přepouštění argonu, výkon mikrovlnného generátoru), vzniká tzv. „ionizační bombardování“ povrchu v atmosféře plazmatu. Účelem této fáze je odstranit zbytky z atmosféry na dílci (dá se říci na úrovni velikosti atomů)
- **fáze odsávání** – atmosféra se odsaje na hluboké vakuum, musí být lepší jak 10^{-4} mbar
- **fáze odpařování** – velkým proudem se roztaví hliník ve formě tenkých plíšků nasazených na wolframový drát, který je uprostřed mezi držáky substrátu. Dalším dodáním energie se hliník odpaří

(přejde do plynné fáze) a rozletí se do všech směrů komory. Současně se výrobky otáčí v rámu a držáky navíc vykonávají planetový pohyb. Plynná fáze hliníku letí ke stěnám, dopadá na chladnější dílce a zkondenzuje na nich. Nastavitelné parametry: proud ve wolframovém vlákne, doba odpařování (bývá kolem 30 minut), množství hliníku na drátu,



Obr. 31. Detail a části závěsného zařízení

5) polymerizace – do vakuové komory se vstříkne malé množství monomeru, zapnutím mikrogenerátoru se na magnetu zapálí plazma, které rozruší vazby monomeru a rozloží je na atomární skupiny (Si, O₂, hexamethyldisiloxan). Následně atomární skupiny kondenzují na povrchu dílce a díky UV záření z plazmatu se zesilují na polymer. Vznikne velmi tenká vrstva (20 až 50) nm, která chrání vrstvu naneseného hliníku (50 až 150) nm před atmosférickou oxidací.



Obr. 32. Pokovené paraboly technologií odpaření

3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÍ

Těleso (parabola) světlometu bylo původně vyráběno několika technologiemi tváření a také svařováním. Z technologie tváření bylo zastoupeno lisování, stříhání, ohýbání a také lemování. Technologie svařování byla odporová. Celé těleso světlometu je složeno ze tří samostatně vyráběných částí (viz. Obr. 33): **1. část** - stříhání, vyřezání závitů a ohýbání; **2. a 3. část** – lisování, lemování, ohýbání a stříhání. Následovaly navíc i ruční operace broušení a leštění pro získání hladkého a lesklého povrchu vnitřku paraboly pro navazující galvanické pokovení vrstvou niklu a chrómu. Venek paraboly byl navíc lakován z důvodu korozní odolnosti. Mnoho výrobních a montážních operací a tudíž velká časová náročnost tak vede k velké pořizovací ceně paraboly světlometu.

Technologie vstřikování termoplastů mnoho těchto složitých technologií nahradí a parabola může být vyrobena jen z jednoho kusu, nemusí být nijak chráněna proti korozi a vnitřní povrch paraboly bude již připraven na pokovení bez nutnosti dalšího leštění. Veliká úspora výrobního času a tím pádem i výrobních nákladů se promítne do výsledné ceny výrobku. Výhodu přináší i snížení hmotnosti. Určitou nevýhodou však zřejmě bude vyšší cena nástroje (vstřikovací formy).



Obr. 33. Parabola světlometu vyráběná původní technologií

3.1 Technologičnost součástí

Jedná se o součást kruhového půdorysu, tudíž její vhodnost pro technologii vstřikování je vhodná a vyhození z tvarové dutiny formy by neměl být problém. Tloušťka stěn je také, po celém průřezu stejná. Kuželovitost a úkoso určitéch míst zajistí dobrou odformovatelnost a vyhození z tvarové dutiny formy. V rozích a na přechodech jednotlivých stěn je zaoblení.

Vnitřní povrch paraboly, který se bude následně po vystříknutí pokovovat, je dostatečně hladký v požadované kvalitě pro pokovení metodou PVD odpařením. Nebude tak nutné jiných povrchových úprav. Použitý termoplastický materiál musí být vhodný pro pokovovací technologii PVD a také musí odolávat vyšším i nízkým teplotám střídajících se během provozu motocyklu.

4 NÁVRH TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

4.1 Volba vstřikovacího materiálu

Z důvodu velkého tepelného namáhání paraboly jmenovitým výkonem žárovky je nutné volit z termoplastů vysokoteplotní polykarbonát, nebo lépe duroplast. Duroplast se dnes využívá u nejmodernějších typů automobilových i motocyklových světlometů hlavně kvůli velkému tepelnému zatížení výkonných žárovek.

Použití **duroplastu** přináší ale další nutné výrobní operace na důkladnou přípravu povrchu světlometu pro dosažení vyžadované kvality. Bez následujících úprav povrchu výlisku by nebylo možné dosáhnout lesklého kovového vzhledu. Nejdůležitější operací po vystříknutí výlisku je proces lakování, kterému ještě předchází očištění otřepů z formy (duroplast má poměrně dost otřepů a záleží na stavu formy). Lakování výstřiku má tento průběh:

- 1) nandání výstřiků na lakovací přípravky,
- 2) čištění vnitřku výstřiku rotačním kartáčem („scotch britte“) roboticky či manuálně,
- 3) aktivuje se UV záření a povrch se nalakuje (většinou odstín „slonová kost“),
- 4) průchod odvětrávací pecí na odstranění rozpouštědla,
- 5) UV záření zasílkuje lak (zvětší se pevnost)
- 6) nandání na pokovovací přípravky a odvoz k pokovovacímu zařízení.

Pro pokovení mé paraboly, která byla používána na motocyklech s výkonem žárovky pouhých 25 W, není duroplast vůbec potřeba. Mohu tedy vybrat z následujících vhodných vysokoteplotních polykarbonátů od firmy Bayer.

V úvahu připadá:

- **Apec 1695** – snadno vstřikovatelný, snadno znovutvářitelný, teplota měknutí 158°C, absorpce vody při 23°C a 50% r.v. je 0,12%, hustota 1180 kg/m³, teplota tání je 300°C, teplota tváření je 100°C, vstřikovací rychlost 200 mm/s; použití: brzdové a signalizační žárovky, světlomety
- **Apec 1703** – UV stabilní, teplota měknutí je 171°C, absorpce vody při 23°C a 50% r.v. je 0,12%, hustota 1170 kg/m³, teplota tání je 310°C, teplota tváření je 100°C, vstřikovací rychlost 200 mm/s; použití: brzdové a signalizační žárovky, kryty domácích a průmyslových lamp, kryty světel interiérů vozidel, světlomety.

Pro širší využití a větší vhodnost volím materiál **Apec 1703**, který bude plně vyhovovat. Také viz. Příloha 6.

4.2 Technologické výpočty

4.2.1 Délka dráhy toku taveniny plastu [20]

1. Výpočet celkové délky dráhy L_S [mm] toku taveniny stěnou výstřiku ze software Solid Works 2007:

$$L_S = L_{S1} + L_{S2} = 14,8 + 66,325 + 8,38 + 4,095 = 93,6 \text{ mm}$$

2. Výpočet maximální délky dráhy L [mm] toku taveniny tloušťkou stěny s_1 [mm]:

$$L = k_1 \cdot (1,90682 + 0,12485 \cdot p_1) \cdot s_1^M = 0,655 \cdot (1,90682 + 0,12485 \cdot 900) \cdot 1,5^{0,9913} = \underline{\underline{103,09 \text{ mm}}}$$

$$M = (0,93471 \cdot p_1^{0,07085}) \cdot k_1 = (0,93471 \cdot 900^{0,07085}) \cdot 0,655 = 0,9857$$

Pozn. : Počáteční tlak p_1 = plnicí tlak p_t [bar] a koeficienty k_2 a k_1 dle daného materiálu.

3. Kontrola podmínky vyplnění stěny výstřiku taveninou plastu na celkové délce dráhy L_s [mm] toku taveniny:

$$\underline{\underline{103,09 \text{ mm} > 93,6 \text{ mm}}}$$

Zvolený materiál polykarbonát Apec 1703 vyhovuje.

Pozn. V případě, že nebude splněno $L > L_s$, je nutno zvolit materiál s vyšší tekutostí.

4.2.2 Technologické parametry vstřikování [20]

1. Výpočet objemu V [cm³] plastového dílce ze software SolidWorks 2007:

$$V = \underline{\underline{45,12 \text{ cm}^3}}$$

2. Výpočet hmotnosti G [g] plastového dílce ze software SolidWorks 2007:

$$G = V \cdot \rho = \underline{\underline{53,69 \text{ g}}}$$

Pozn: materiál polykarbonát Apec 1703 hustota 1,17 g/cm³

3. Kontrola délky dráhy toku taveniny f_c [mm]:

$$f_c = 14,8 + 66,325 + 8,38 + 4,095 = \underline{\underline{93,6 \text{ mm}}}$$

4. Výpočet velikosti dávky (vstřikovaného objemu) taveniny V_D [cm³] dle vzorce:

$$V_D = \frac{G}{K_a} = \frac{53,69}{1,03} = \underline{\underline{52,13 \text{ cm}^3}}$$

Pozn. : Faktor navýšení objemu taveniny plastu K_a z tabulky materiálových hodnot vybraných technických plastů.

5. Výpočet minimálního plnicího (vstřikovacího) tlaku p_f [bar] dle vzorce:

$$p_f = 3 \cdot K_f \cdot f_c \cdot s^{-1,6} = 3 \cdot 5,2 \cdot 93,6 \cdot 1,5^{-1,6} = \underline{\underline{763,23 \text{ bar}}}$$

Pozn. : Faktor schopnosti tečení taveniny plastu K_f z tabulky materiálových hodnot vybraných technických plastů.

6. Stanovení doporučeného (obvyklého) vstřikovacího tlaku p_v [bar] z tabulky hodnot tlaků pro vybrané materiály. Musí být splněna podmínka $p_v > p_f$:

Pro zvolený materiál polykarbonát Apec 1703 volím $p_v=830$ bar ($830 > 763,23$).

7. Výpočet tvářecího tlaku (tlaku naplnění) p_A [bar] dle vzorce:

$$\frac{p_v}{f_c} = \frac{p_A}{f_c - 0,5 \cdot f_A} \Rightarrow p_A = \frac{p_v \cdot (f_c - 0,5 \cdot f_A)}{f_c} = \frac{830 \cdot (93,6 - 0,5 \cdot 14,8)}{93,6} = \underline{764,38 \text{ bar}}$$

8. Výpočet plochy průřezu tvarové dutiny A_{proj} [cm²] dle vzorce:

$$A_{proj} = \frac{\pi \cdot D^2}{4 \cdot 10^2} - \frac{\pi \cdot d^2}{4 \cdot 10^2} = \frac{\pi \cdot 169,8^2}{4 \cdot 10^2} - \frac{\pi \cdot 46,8^2}{4 \cdot 10^2} = \underline{209,24 \text{ cm}^2}$$

9. Výpočet uzavírací (přidržovací) síly F_p [kN] dle vzorce:

$$F_p = A_{proj} \cdot \frac{p_A + 100}{100} = 209,24 \cdot \frac{764,38 + 100}{100} = \underline{1812,1 \text{ kN}}$$

10. Určení optimálního průměru šneku D_s [mm] vstřikovacího stroje dle vzorce:

$$7,5 \cdot \sqrt[3]{V_D} < D_s < 10,5 \cdot \sqrt[3]{V_D}$$

$$7,5 \cdot \sqrt[3]{52,13} < D_s < 10,5 \cdot \sqrt[3]{52,13}$$

$$28,02 < D_s < 39,22$$

Průměr šneku volím 35 mm

Pozn. : Průměr šneku volíme z řady průměrů: 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 70, 80, 90 mm.

11. Stanovení délky dráhy pohybu šneku L_s [mm] pro vstřikování dávky V_D dle vzorce:

$$V_D = \frac{\pi \cdot D_s^2}{4 \cdot 10^3} \cdot L_s \Rightarrow L_s = 1273 \cdot \frac{V_D}{D_s^2} = 1273 \cdot \frac{52,13}{35^2} = \underline{54,17 \text{ mm}}$$

Pozn. : Současně musí být splněna podmínka $D_s < L_s < 3D_s$.

$$D_s < L_s < 3D_s \\ 35 < 54,17 < 105$$

Zvolený průměr šneku vyhovuje.

12. Určení otáček šneku n_s [1/min] vstřikovacího stroje pro plastikaci dle vzorce z maximální obvodové rychlosti šneku v [m/s]:

$$n_s = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot v}{\pi \cdot D_s} = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot 0,1}{\pi \cdot 35} = 54,57 \text{ min}^{-1}$$

13. Výpočet doby chlazení t_K [s] dle vzorce:

$$t_K = \frac{s^2}{\pi^2 \cdot a_{\text{eff}}} \cdot \ln \left(\frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{T_M - T_F}{T_E - T_F} \right) = \frac{1,5^2}{\pi^2 \cdot 0,112} \cdot \ln \left(\frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{310 - 90}{130 - 90} \right) = 5,86 \text{ s}$$

Pozn. : Hodnoty a_{eff} , T_M , T_F , T_E – z tabulky materiálových hodnot vybraných technických plastů.

14. Výpočet doby vstřikovacího cyklu t_C [s] dle vzorce:

$$t_C = t_V + t_K + t_N = 1,31 + 5,86 + 4,5 = 11,7 \text{ s} \stackrel{\bullet}{=} 12 \text{ s}$$

$$t_V = 0,04 \cdot V^{0,834} \cdot \log \left(\frac{\eta}{10} \right) = 0,04 \cdot 45,12^{0,834} \cdot \log \left(\frac{230}{10} \right) = 1,31 \text{ s}$$

Pozn. : Doba vstřikování t_V [s] se stanoví na základě velikosti dávky V_D [cm³] a viskozity materiálu η [Pa*s]. Vedlejší čas t_N [s] se volí v rozmezí 3 až 5 s.

15. Výpočet vstřikovací rychlosti v_s [cm³/s] dle vzorce:

$$v_s = \frac{V_D}{t_V} = \frac{52,13}{1,31} = 39,79 \text{ cm}^3 / \text{s}$$

16. Výpočet průchodu materiálu (taveniny) G [kg/h] ze stroje do formy dle vzorce:

$$\dot{G} = \frac{3,6 \cdot V_D \cdot \rho}{t_C} = \frac{3,6 \cdot 52,13 \cdot 1,2}{12} = 18,7 \text{ kg} / \text{h}$$

17. Výpočet tepla Q [kJ/h] vneseného taveninou plastu do formy dle vzorce:

$$Q = \dot{G} \cdot \Delta h = 18,7 \cdot 350 = 6545 \text{ kJ} / \text{h}$$

Pozn. : Δh – z tabulky materiálových hodnot vybraných technických plastů.

4.2.3 Potřebný výrobní čas

A) Plně automatizovaný provoz:

1. Výpočet počtu výstřiků za den (dvě směny – 15 hodin):

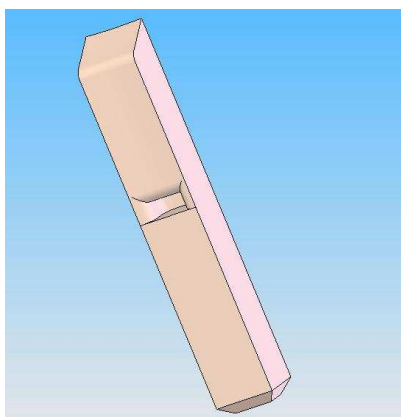
$$K_{den} = \frac{15 \cdot 60 \cdot 60}{t_C} = \frac{54000}{12} = \underline{4500ks}$$

2. Výpočet počtu dní na zhotovení série 50 000 kusů:

$$P_{potřeba} = \frac{50000}{4500} = \underline{11,1dní (11pracovních dnů + 1směň)}$$

Požadovaná doba dodání 1 měsíc pro 50 000 kusů výstřiků bude s rezervou dodržena.

B) Provoz s ručním zakládáním 3 jader (viz. Obr. 34):



Obr. 34. Zakládací jádro (3 kusy ve formě)

1. Výpočet doby vstřikovacího cyklu t_C [s] dle vzorce:

$$t_C = t_V + t_K + t_N + t_Z = 1,31 + 5,86 + 4,5 + 20 = 31,7s \approx 32s$$

$$t_V = 0,04 \cdot V^{0,834} \cdot \log\left(\frac{\eta}{10}\right) = 0,04 \cdot 45,12^{0,834} \cdot \log\left(\frac{230}{10}\right) = 1,31s$$

Pozn. : Doba vstřikování t_V [s] se stanoví na základě velikosti dávky V_D [cm³] a viskozity materiálu η [Pa*s]. Vedlejší čas t_N [s] se volí v rozmezí 3 až 5 s, doba ručního založení jader t_Z [s] volím 20 s..

2. Výpočet počtu výstřiků za den (dvě směny – 15 hodin):

$$K_{den} = \frac{15 \cdot 60 \cdot 60}{t_C} = \frac{54000}{32} = \underline{1687,5ks}$$

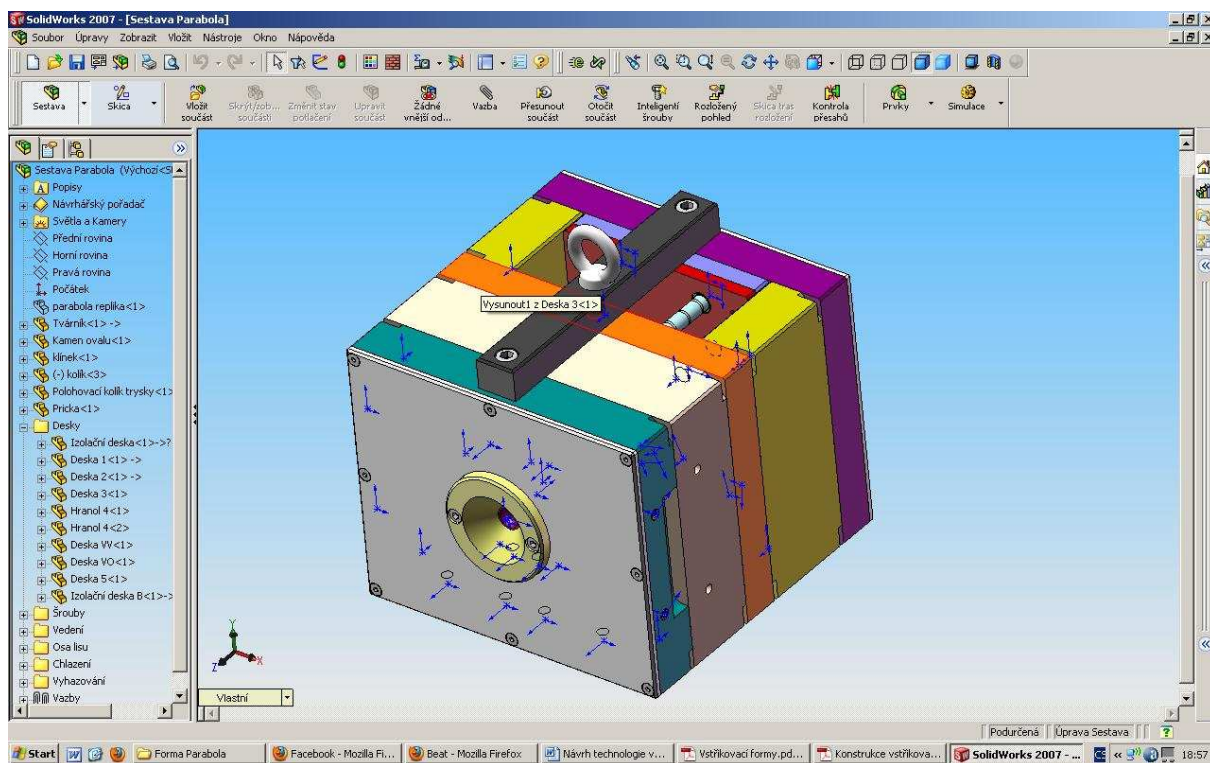
3. Výpočet počtu dní na zhotovení série 50 000 kusů:

$$P_{potřeba} = \frac{50000}{1687,5} = \underline{29,6dní (30pracovních dnů)}$$

5 NÁVRH VSTŘIKOVACÍ FORMY

5.1 Použitý konstrukční software

Pro návrh a konstrukci vstřikovací formy byl využit software SolidWorks 2007 firmy SolidVision. Jde o konstrukční program, kterým lze modelovat 3D součásti, tvořit sestavy i výkresovou dokumentaci. Součástí programu je i aplikace Moldflow Express, pomocí níž můžeme simulovat proces vstřikování a ověřit si tak, zda bude tvarová dutina zcela zaplněna.



Obr. 35. Pracovní prostředí softwaru SolidWorks 2007

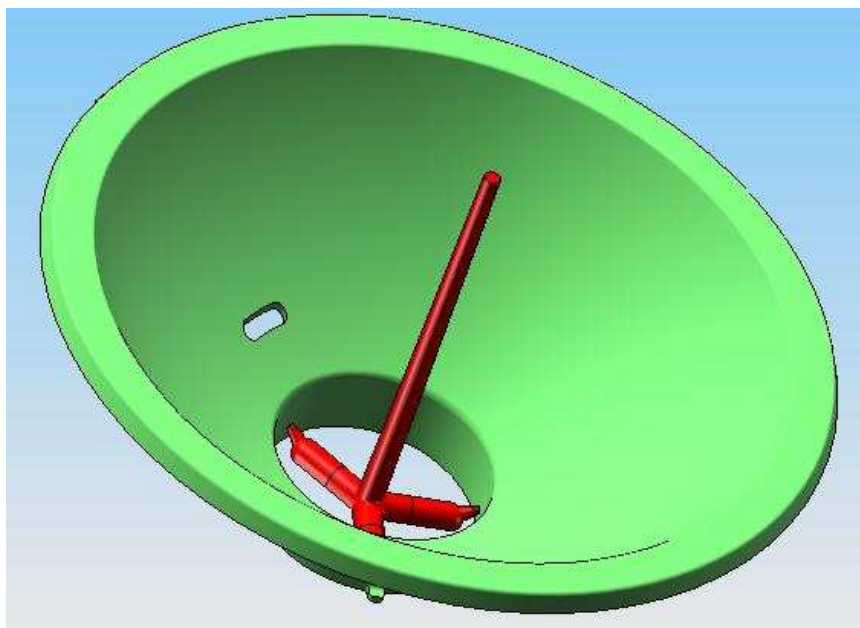
5.2 Násobnost formy

Násobnost formy se volí z těchto hledisek:

- složitost a přesnost výrobku
- tvarová náročnost
- velikost výrobku
- velikost výrobní série

Z hlediska kvality a přesnosti součásti je požadováno, aby násobnost formy byla co nejmenší. Z ekonomického hlediska více vyhovuje vyšší násobnost.

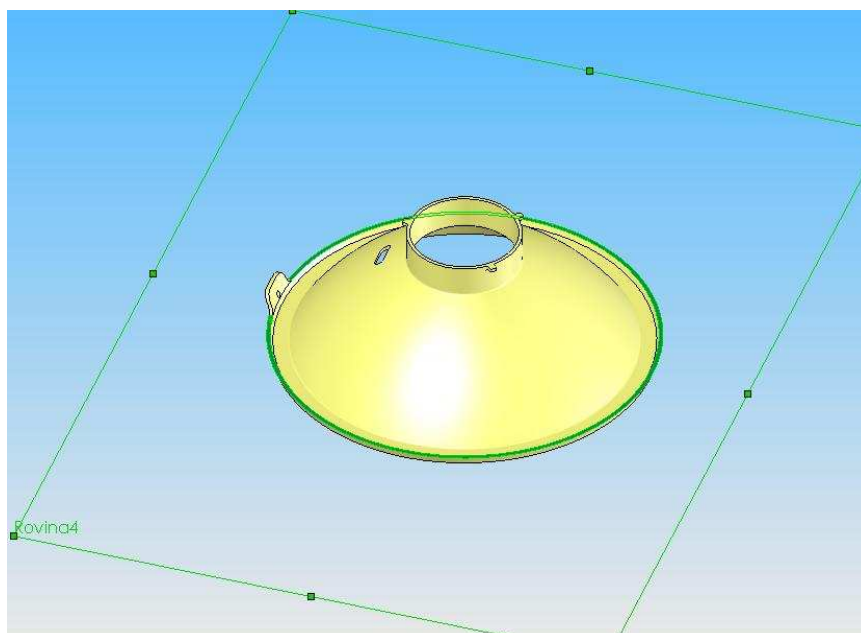
Zadaná série 50 000 kusů a vysoký požadavek na tvarovou přesnost si vyžádal jednonásobnou formu.



Obr. 36. Výstřik

5.3 Zaformování součásti a výběr nejvhodnější varianty

Jedním z hlavních kroků při konstrukci vstřikovací formy je určení dělicí roviny. Tato rovina se volí tak, aby byl výstřik lehce odformovatelný, a nebylo na něm vidět kudy prochází.



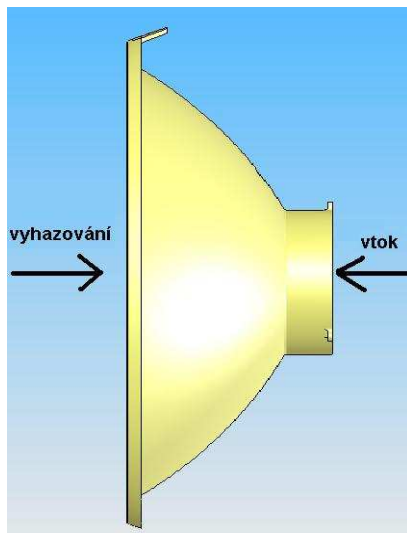
Obr. 37. Dělicí rovina výstřiku

1) Zaformování, kdy pohledová strana směřuje směrem k vyhazovací straně:

Toto uspořádání by umožnilo použití kratší vtokové vložky, tím pádem i vtokový zbytek by byl menšího objemu. Nebylo by ale vhodné z toho důvodu, že by na pohledové straně (kde je poté lepeno sklo světlometu) zůstaly otisky po

vyhazovacích elementech. To je z estetického důvodu nežádoucí. Problém by mohl nastat i s vedením temperančních kanálků, protože deska by byla značně provrtána i dalšími otvory např. pro vyhazovací systém, montážní otvory tvárníku a otvory pro spojení s dalšími deskami atd.

Největším problémem by ale pravděpodobně bylo znemožnění odformování výstřiku z důvodu tří výstupků, které slouží pro uchycení držáku žárovky. Výstupky by se tak při otvírání formy pravděpodobně ulámaly.



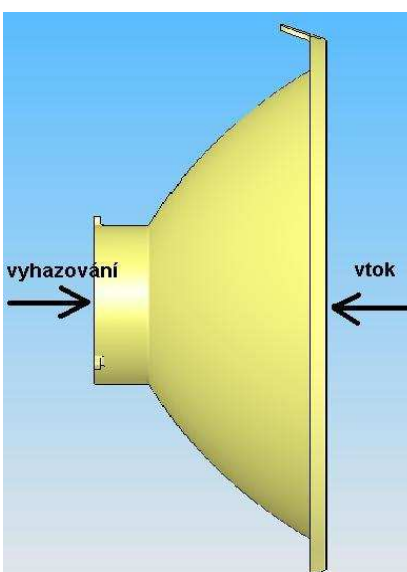
Obr. 38. Pohledová strana směřuje k vyhazování

2) Zaformování, kdy pohledová strana směřuje ke vstřikovací trysce:

Tato varianta se zdá být vhodnější z několika důvodů:

- vhodnější uspořádání pro vyhození – na pohledové straně výstřiku nebudou žádné stopy po vyhazovačích
- lepší možnost vytvoření temperančního systému jednotlivých desek a tvárníku
- vhodnější uspořádání všech montážních otvorů pro sestavení formy.

Jedinou nevýhodou se zdá být delší vtoková vložka, což přináší mírné navýšení objemu vtokového zbytku. Rozhodl jsem se pro tuto variantu č. 2.



Obr. 39. Pohledová strana směřuje ke vstřikovací trysce

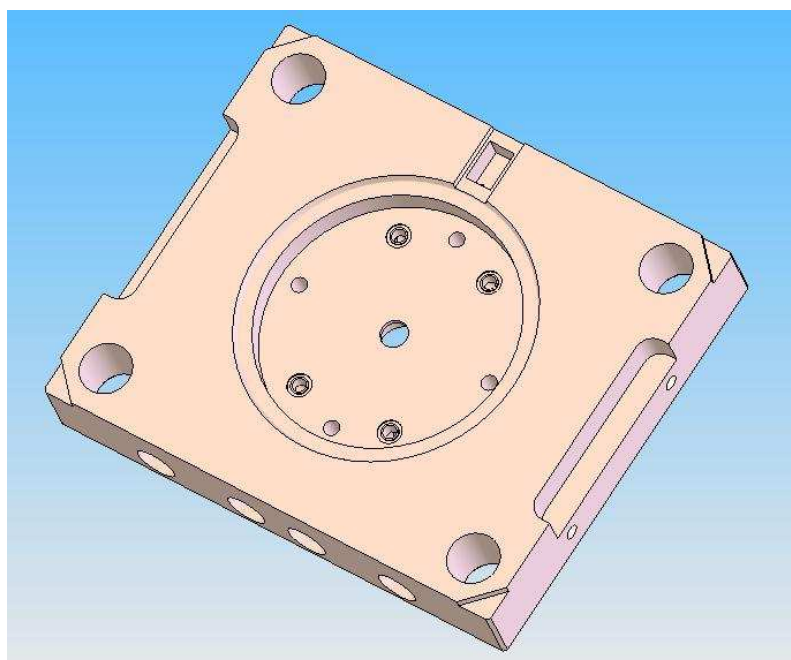
5.4 Odvzdušňovací systém

Při vstřikování plastů do dutiny formy dochází ke stlačování vzduchu a jeho zahřívání. Tento jev byl popsán v podkapitole 1.5.5. V některých případech se ve formě dělají odvzdušňovací kanálky, ale v tomto případě by měl vzduch unikat mezi dělicí rovinou a tvárníkem, vůlí mezi vyhazovacím kroužkem, šikmými vyhazovači a tvárnicí, zasouvacím kolíkem.

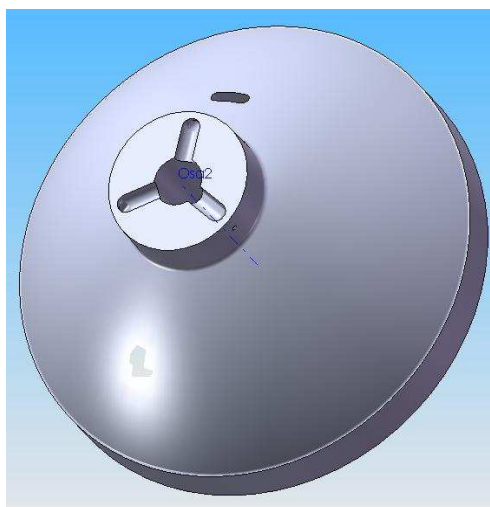
5.5 Dutina formy

Tvarovou dutinu formy tvoří:

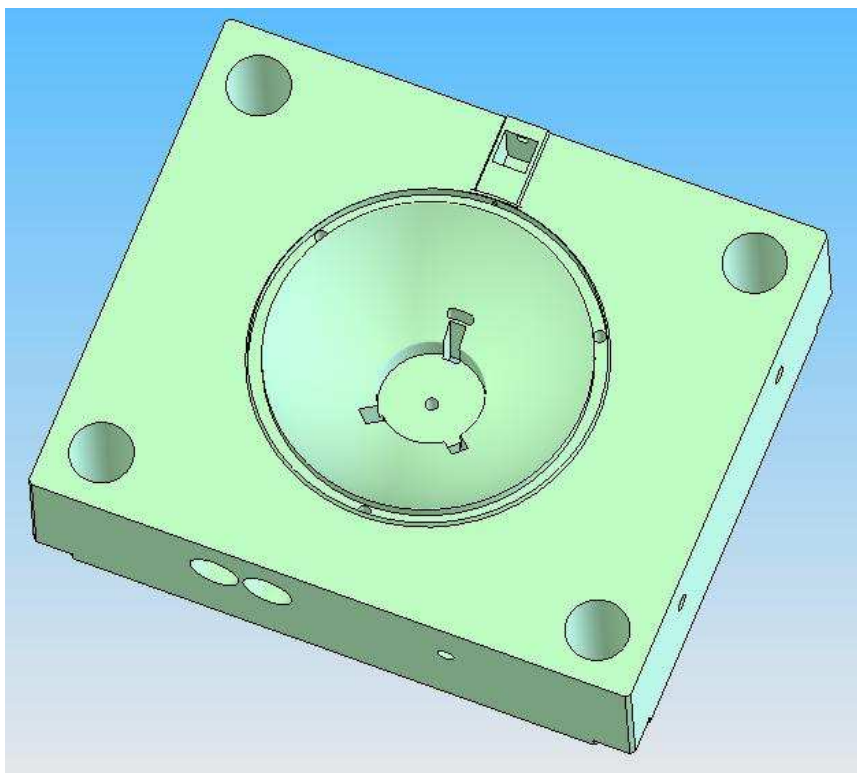
deska 1 (Obr. 40), **tvárník** (Obr. 41), **deska 2 – tvárnice** (Obr. 42), **šikmé vyhazovače** (Obr. 43), **kamen oválu** (Obr. 44), **kolík otvoru naklápění světlometu** (Obr. 45).



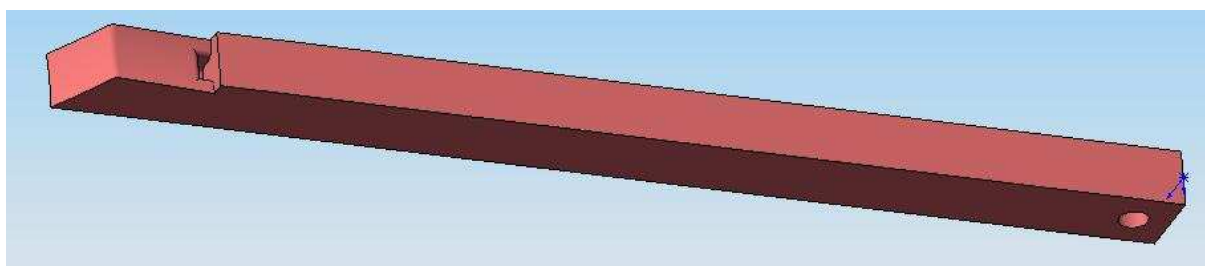
Obr. 40. Deska 1



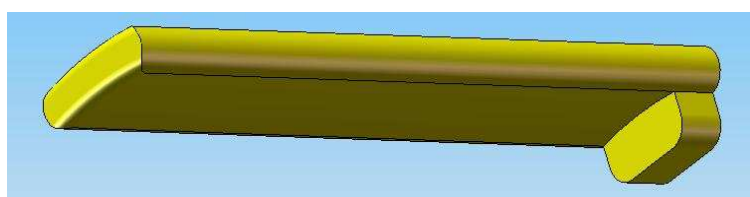
Obr. 41. Tvárník



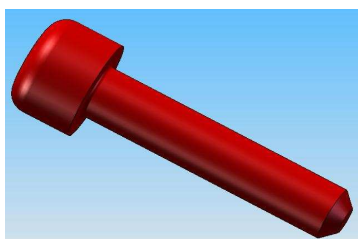
Obr. 42. Deska 2 – Tvárnice



Obr. 43. Šikmý vyhazovač – 3 ks



Obr. 44. Kamen oválu



Obr. 45. Kolík otvoru naklápění světlometu

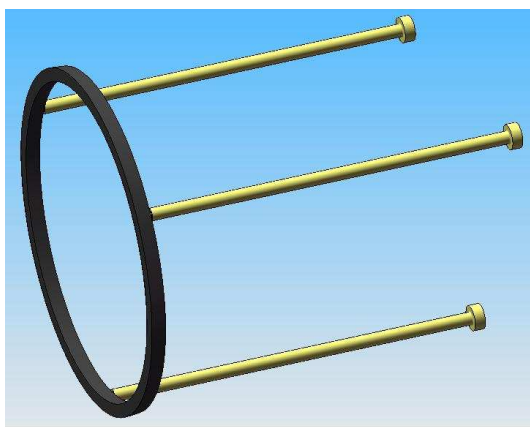
5.6 Vyhazovací systém

K vyhození výstřiku byla použita kombinace tří válcových vyhazovačů, na kterých byl na konci zhotoven závit M5, pro přišroubování vyhazovacího kroužku v dutině formy. Ukotvení těchto vyhazovačů zajišťuje deska VV a deska VO. Na výstřiku zůstane stopa po vyhazovacím kroužku, ale u tohoto případu to nevadí, protože se nenachází na pohledové straně výstřiku. (viz. Obr. 46).

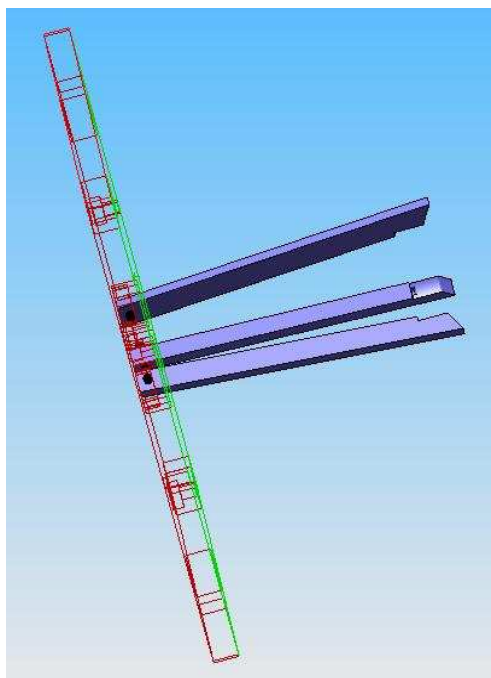
Na vyhazování se také podílí tvarové šikmé vyhazovače. Při jejich pohybu dojde k uvolnění výstřiku na třech výstupcích a může tak dojít k odformování. Nenachází se na pohledové straně, takže není nejmenší problém. (viz. Obr. 47)

Dále se zde nachází ještě centrální vyhazovač vtoku, který má stejný průměr 6 mm, jako zbylé tři.

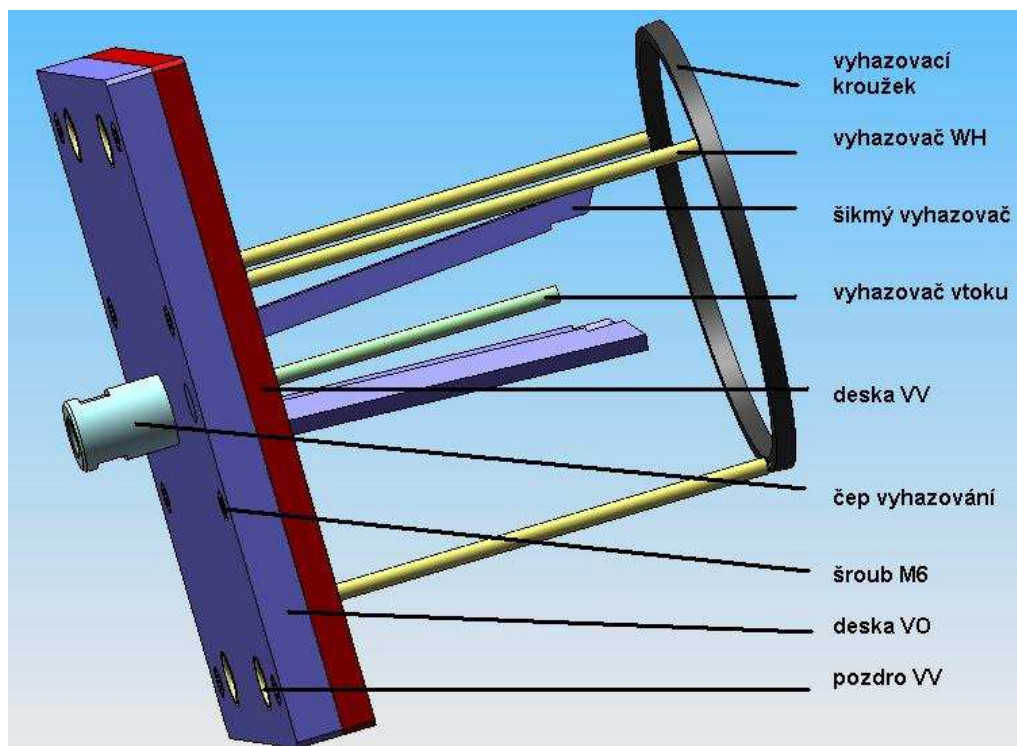
Zdvih vyhazovačů musí být dostatečný, aby bylo zajištěno vyhození celého výstřiku z tvárnice. Minimální zdvih pro tento výrobek postačí 65 mm. Pohyb celého vyhazovacího systému zajišťuje hydraulický systém vstřikovacího stroje.



Obr. 46. Vyhazovací kroužek s přišroubovanými vyhazovači



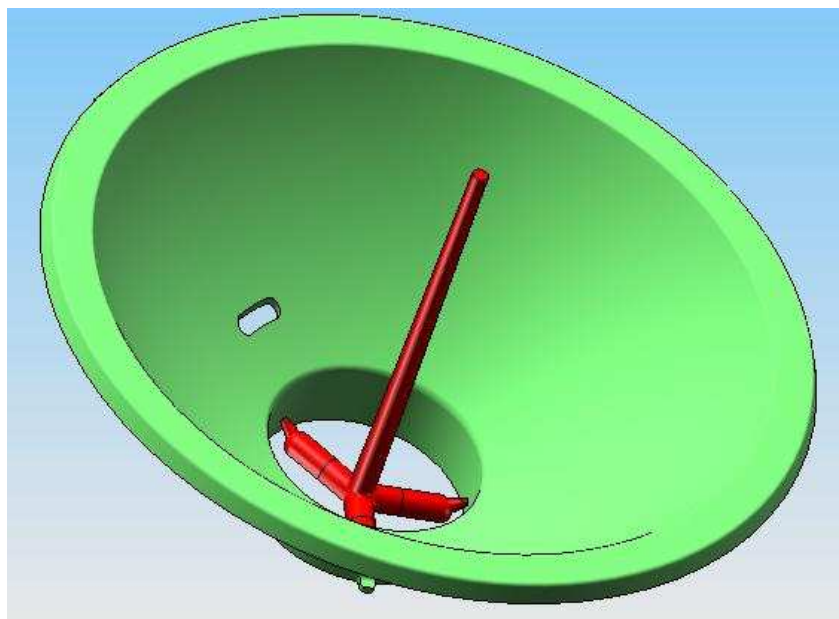
Obr. 47. Šikmé vyhazovače



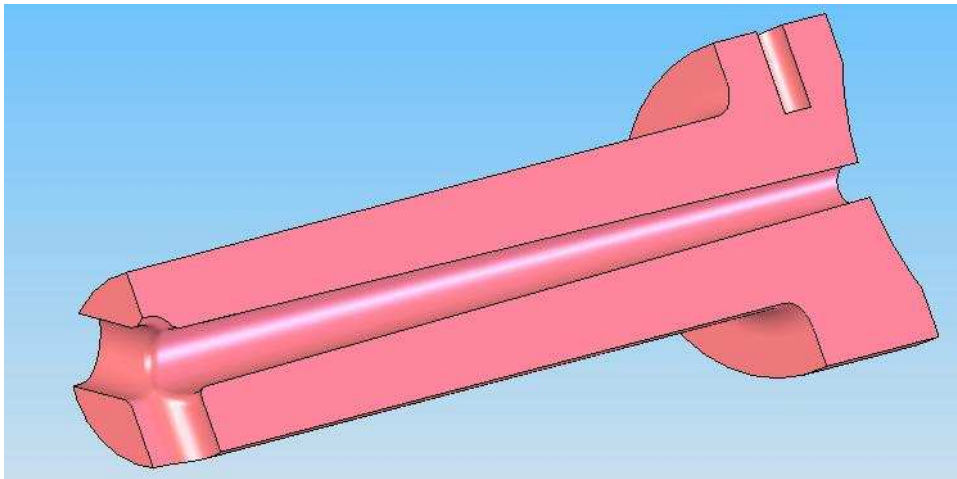
Obr. 48. Kompletní vyhazovací systém

5.7 Vtokový systém

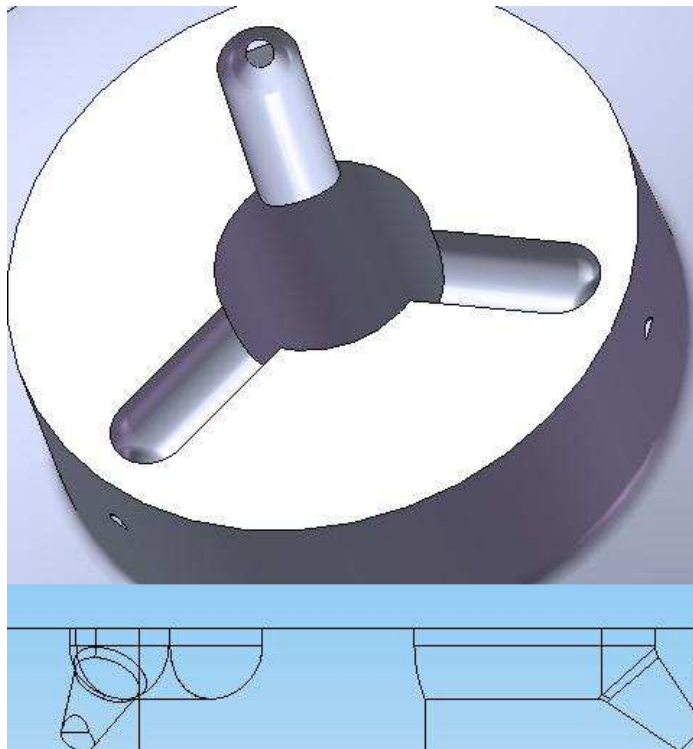
V tomto případě byl použit studený vtokový systém s tunelovým ústím vtoku ve třech místech pro lepší plnění dutiny formy. Tunelový vtok zajistí odštěpení vtokové soustavy od výlisku při otvírání formy. Vtokový zbytek bude následně vyhozen z formy z vyhazovací strany pomocí jednoho vyhazovače vtoku.



Obr. 49. Výstřík



Obr. 50. Polohovaná vtoková vložka

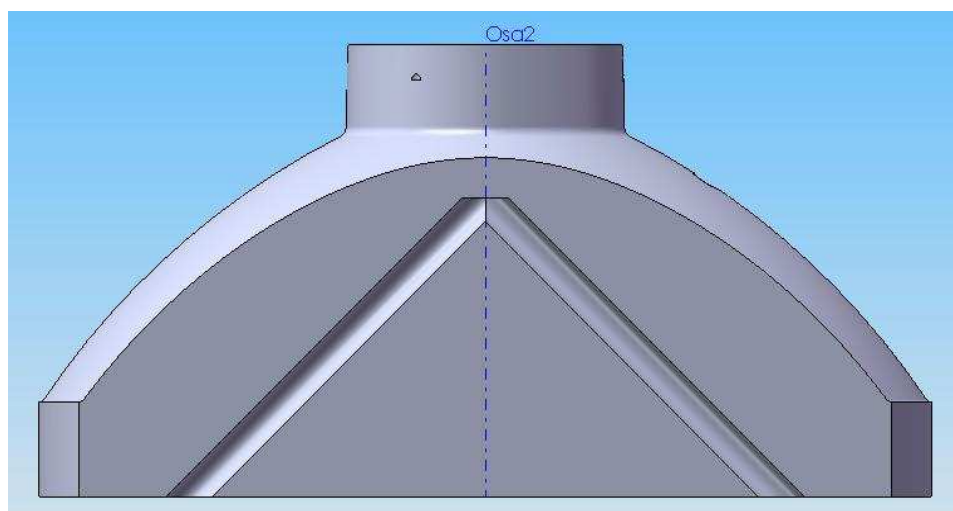


Obr. 51. Tunelový vtok

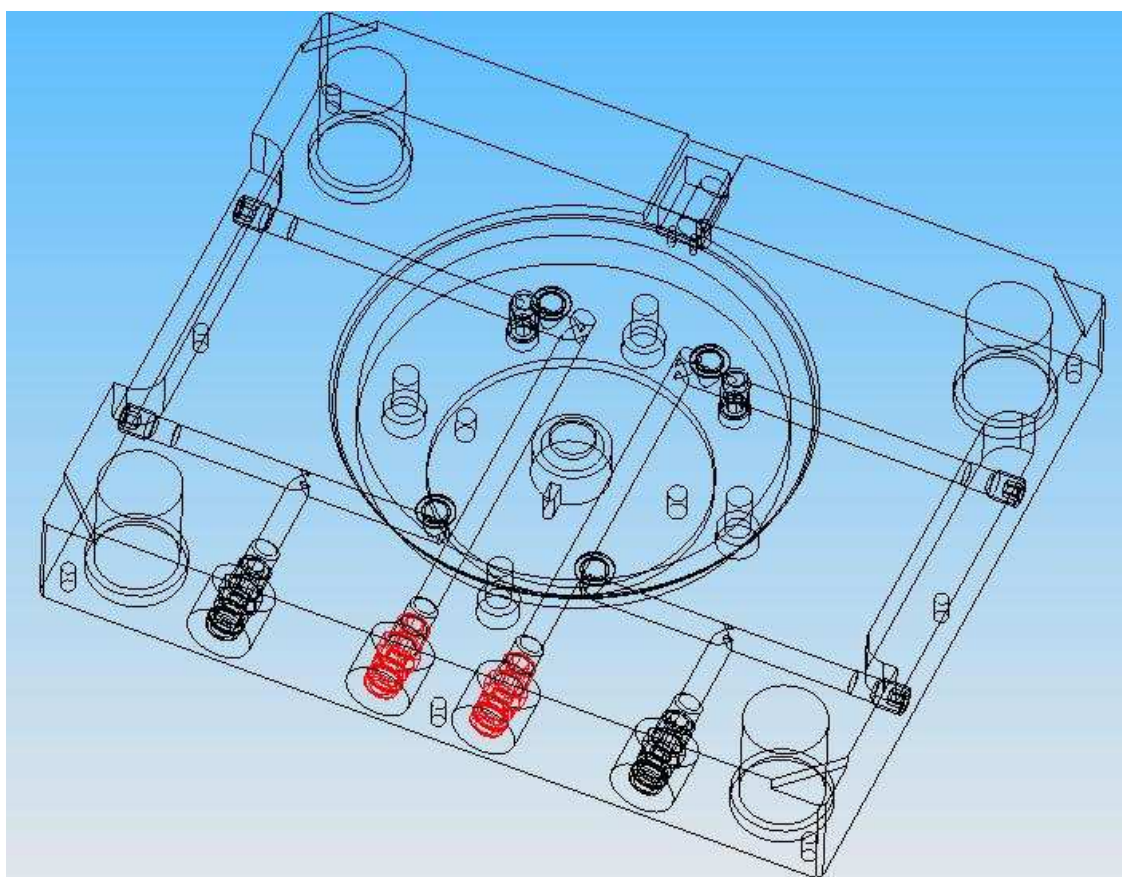
5.8 Temperační systém

Temperace slouží k udržování konstantního tepelného režimu formy. Cílem je dosáhnout optimálně krátkého pracovního cyklu vstřikování při zachování všech technologických požadavků na výrobu. Detailněji je tento problém popsán v podkapitole 1.5.4.

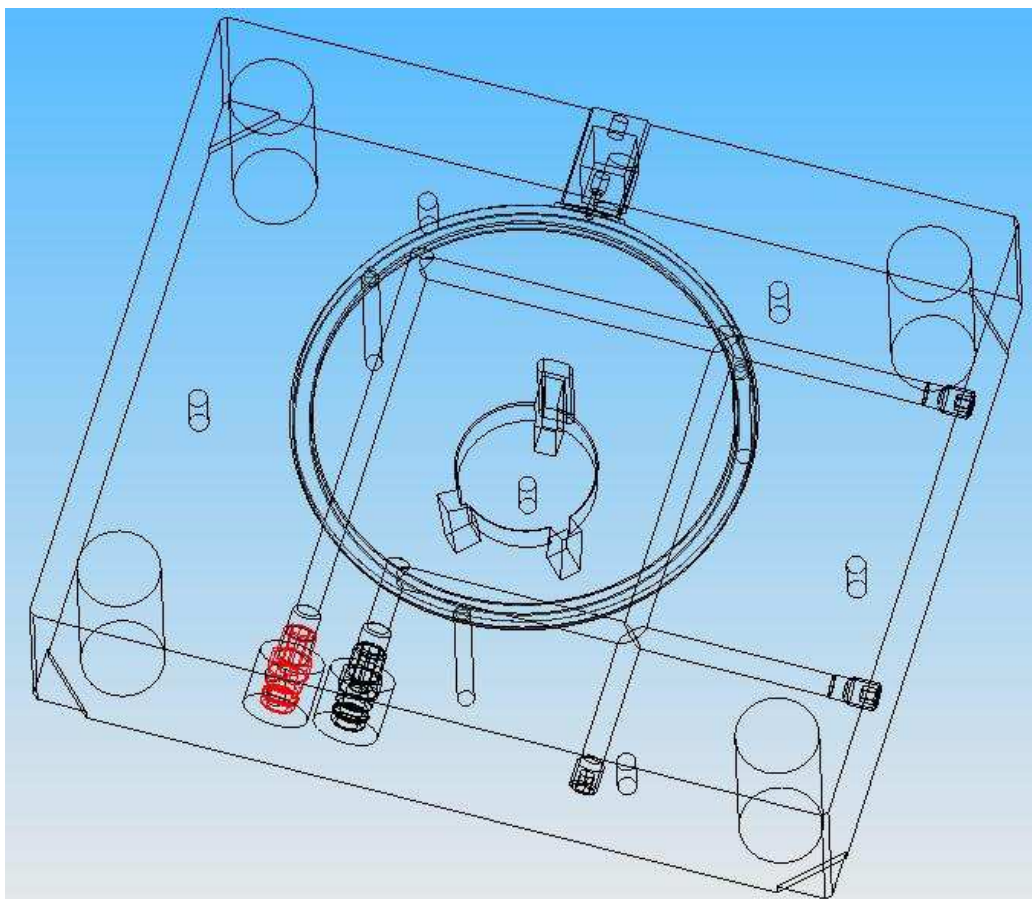
Temperační kanálky o průměru 8 mm prochází tvárníkem (Obr. 52), deskou 1 – dvoukruhový systém (Obr. 53) a tvárnicí - deskou 2 (Obr. 54) – jednookruhový systém. Utěsnění přechodu chladicích kanálků z desky 1 do tvárníku je řešeno pomocí gumových O - kroužků. Oběhový systém je uzavřen pomocí ucpávek M10.



Obr. 52. Tvárník



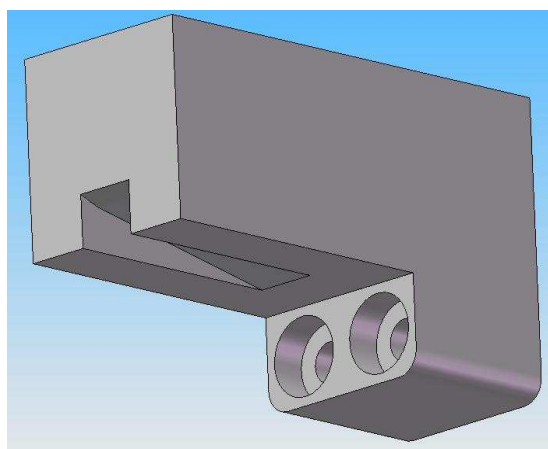
Obr. 53. Deska 1 - dvoukruhový systém



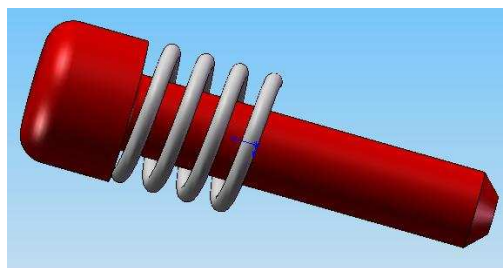
Obr. 54. Deska 2 - jednookruhový systém

5.9 Šikmé vyhazovače, klín a kolík

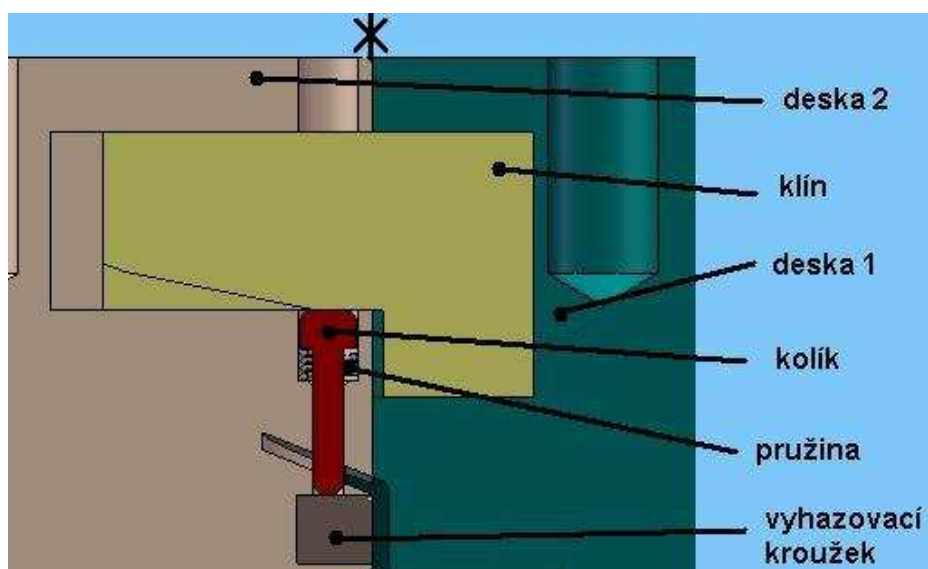
V prvním případě, kde bylo nutné užít klínu, byl otvor na horní straně paraboly (kolmý k ose lisu), který slouží k uchycení šroubu seřizování sklonu světlometu. Problém jsem vyřešil pomocí klínu přišroubovaného do desky 1, který zajíždí částečně do desky 2 a tím zasouvá kolík na pružině. Ten vytvoří požadovaný otvor ve výlisku. Při otvírání formy opět vyjede z tvarové dutiny a výstřik může být vyhozen.



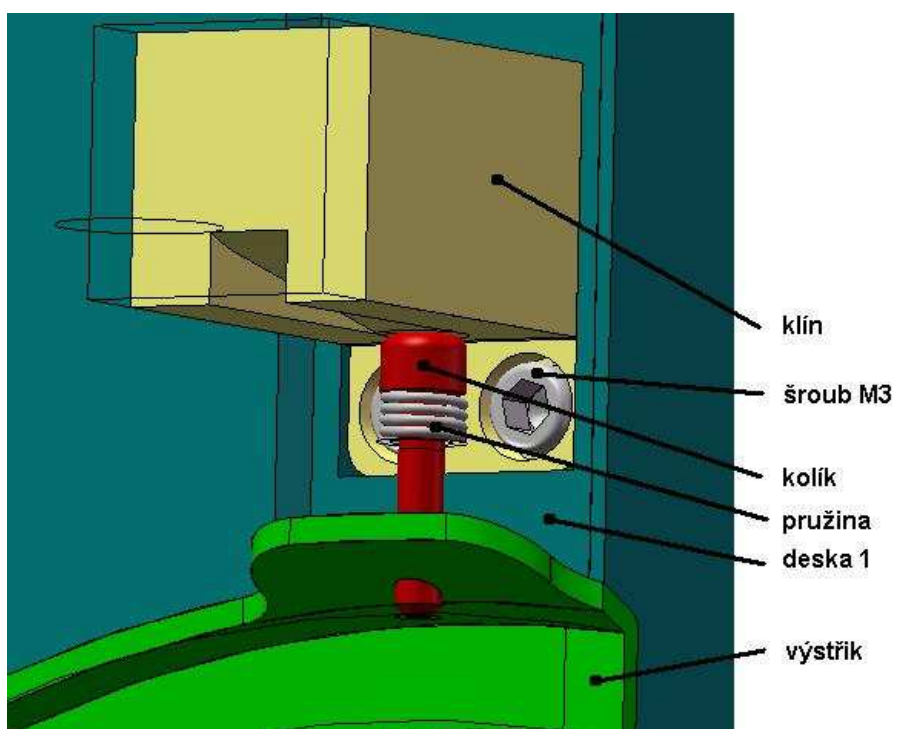
Obr. 55. Klín kolíku



Obr. 56. Kolík s pružinou

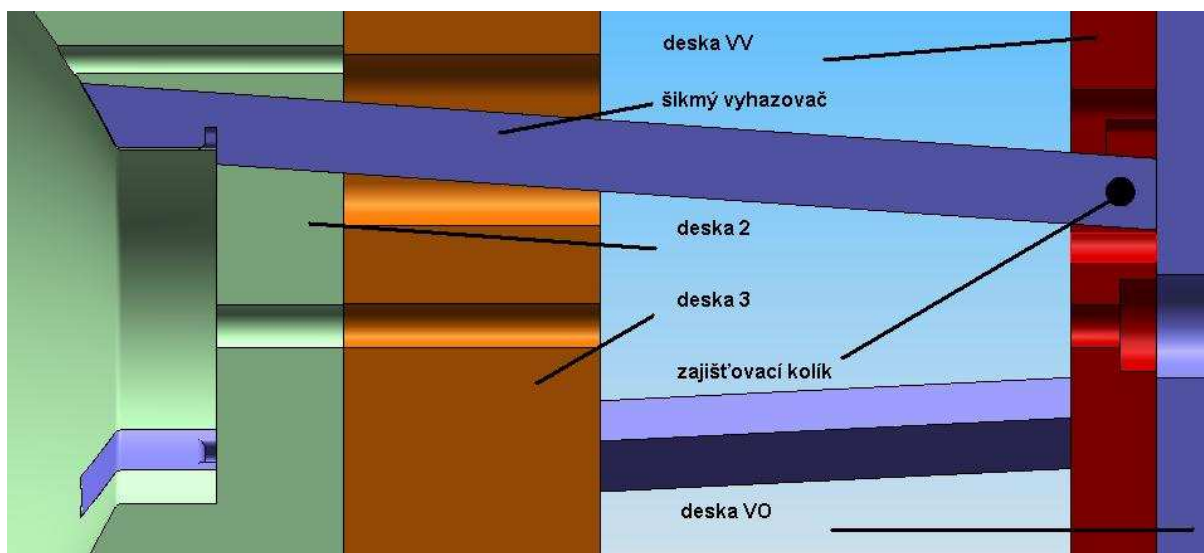


Obr. 57. Sestava mechanismu

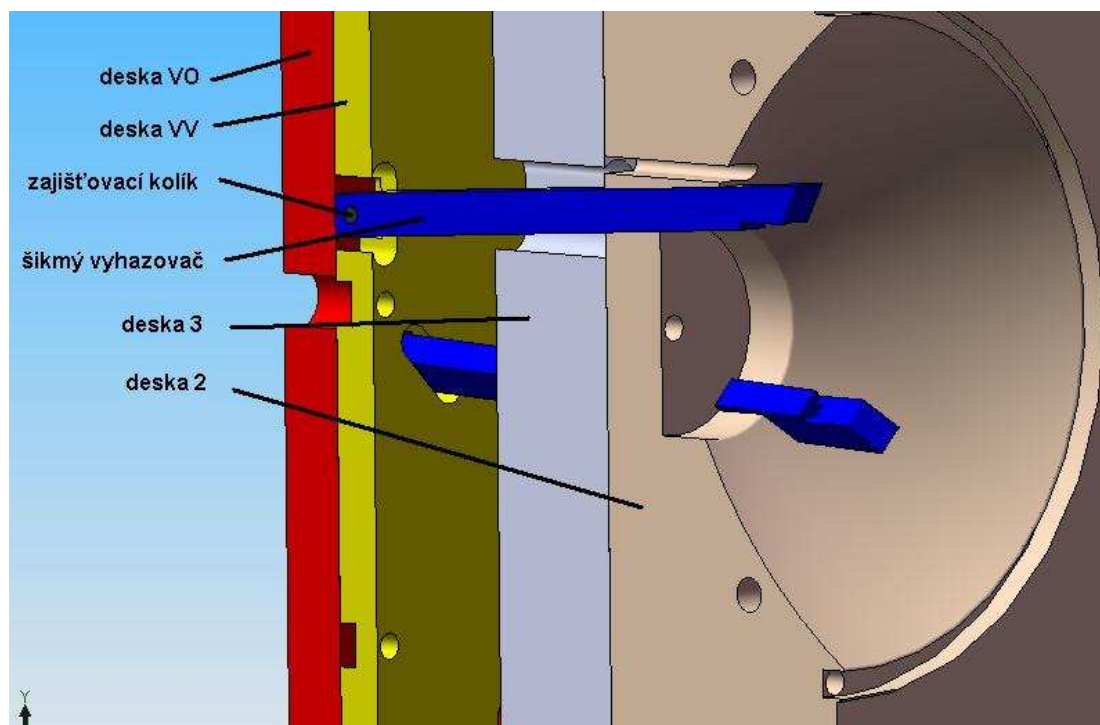


Obr. 58. Sestava mechanismu ve 3D

V druhém případě šlo o problém odformování tří výstupků pro uchycení držáku žárovky. Jako nejvhodnější a nejjednodušší se zdálo použití tří tvarových šikmých vyhazovačů, které současně tvoří i tvar dutiny. Jsou pohyblivě ukotveny v desce VV pomocí zajišťovacího kolíku $d = 4 \text{ mm}$. V desce 3 jsou vyříznuty 3 oválné otvory, aby bylo dostatek prostoru při pohybu vyhazovacího systému. Celé vyhození probíhá tak, že šikmé vyhazovače a vyhazovací kroužek tlačí výstřik z tvarové dutiny, a v určitém okamžiku, kdy jsou dostatečně oddáleny šikmé vyhazovače, dojde k doformování tří výstupků, a tak i celého výstřiku. Vzniklá stopa po šikmých vyhazovačích není nijak na závadu, protože otisk vznikne na nepohledové (nefunkční) straně výlisku.



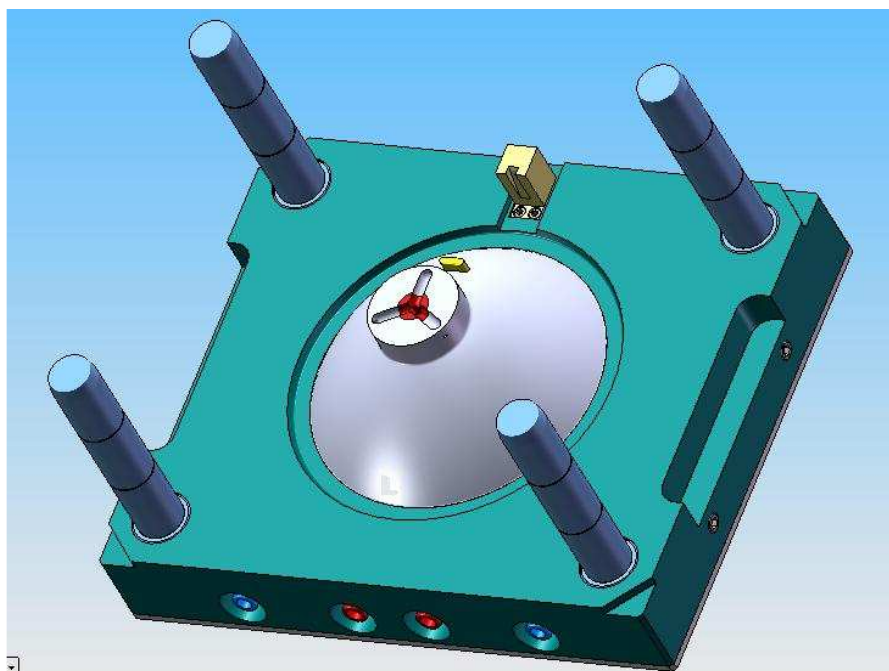
Obr. 59. Sestava mechanismu šikmých vyhazovačů



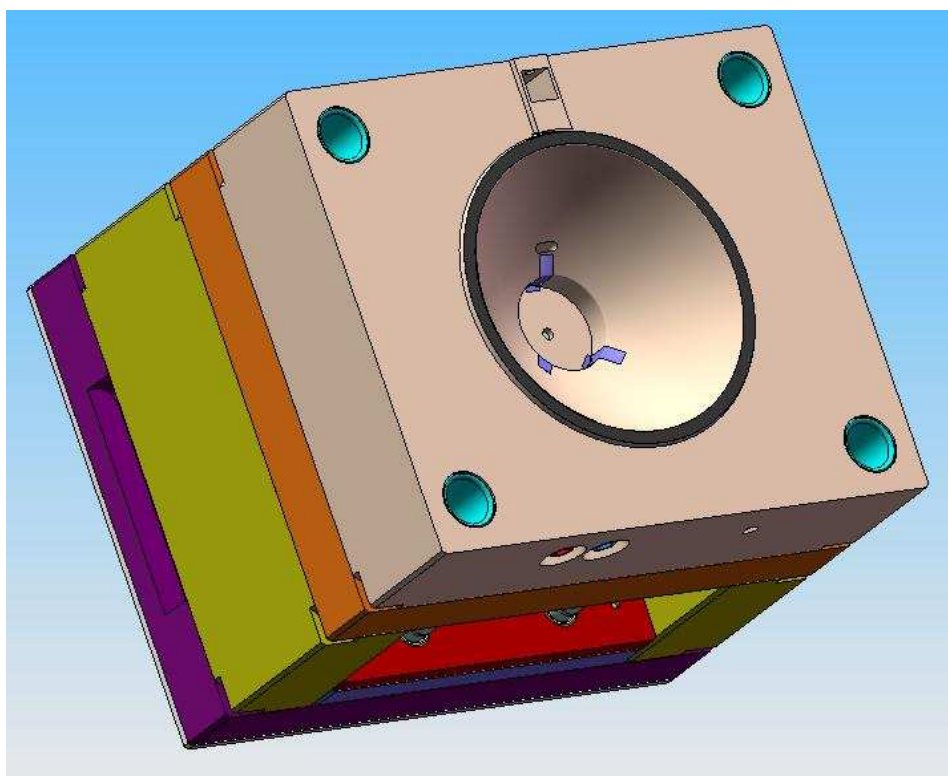
Obr. 60. Sestava mechanismu ve 3D

5.10 Sestava

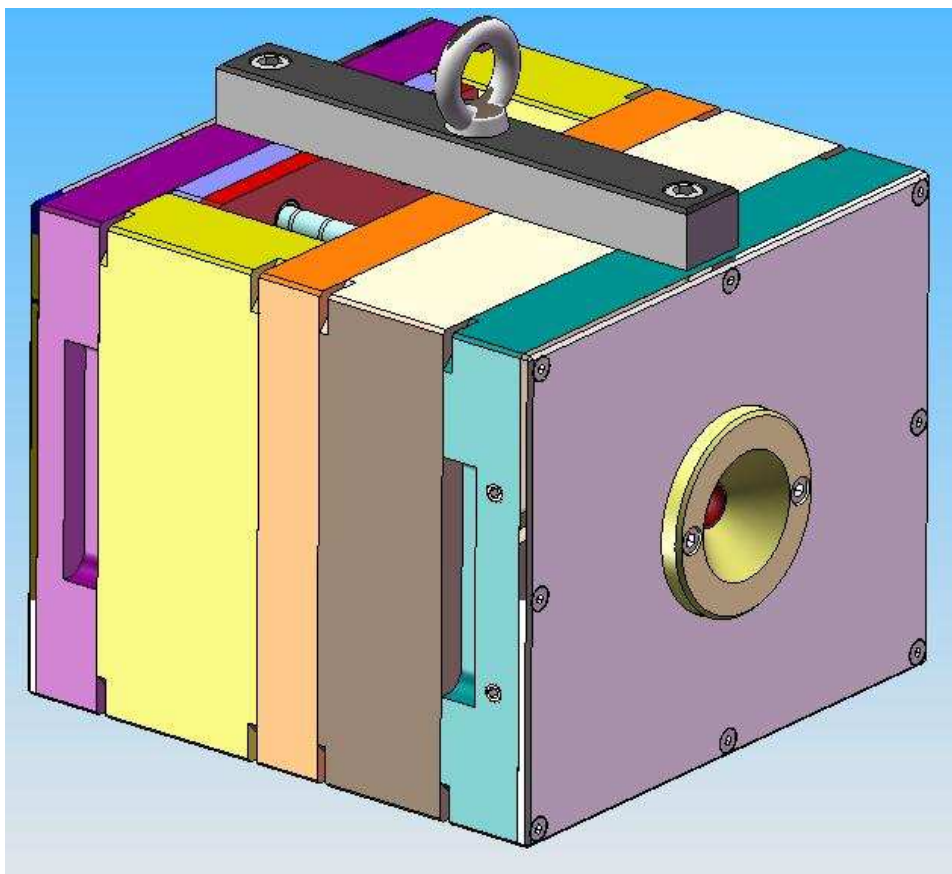
Vstřikovací forma je složena ze dvou hlavních částí. První je pevná strana tzv. strana trysky (Obr. 61) a druhá, pohyblivá strana vstřikovací formy, je tzv. strana vyhazovače (Obr. 62). Celkový pohled na vstřikovací formu je na Obr. 63.



Obr. 61. Trysková strana formy



Obr. 62. Vyhazovací strana formy



Obr. 63. Kompletní sestava

5.11 Použité materiály a tepelné zpracování

Volba materiálu formy závisí na druhu zpracovávaného plastu, na použité technologii, na velikosti výrobku a jeho složitosti, na velikosti série, na tepelné odolnosti a odolnosti proti opotřebení a korozi, na ceně, apod. Důležitým faktorem životnosti formy je provedené tepelné zpracování na tvarových částech nástroje.

Materiály a tepelné zpracování:

Pro všechny pouzdra a kolíky byla použita cementační ocel DIN **1.7131** (EN 16MnCr5, ČSN14 220). Cementováno na 60 ± 2 HRC. Veškerá pouzdra i kolíky byly použity jako normálie od firmy FCPK Bytow.

Deska 1, deska 2, deska VV, deska VO a šikmé vyhazovače jsou z oceli DIN **1.2162** (EN 21MnCr5, ČSN 19 487), která byla následně cementována a kalena na $60 - 2$ HRC. Materiál tak není křehký, ale povrch je otěruvzdorný při zachování houževnatého jádra. Jako polotovary byly použity normálie firmy HASCO.

Vtoková vložka, čep vyhazování, kamen oválu, kolík a klín jsou z nástrojové oceli DIN **1.2343** (EN X37CrMoV51, ČSN 19 552), zakaleno a popuštěno na $54 - 2$ HRC.

Deska 3, hranoly 4, deska 5, centrální kroužek a příčka jsou z nástrojové oceli DIN **1.1730** (EN C45W3, ČSN 19 083) od firmy HASCO, protože se ekonomicky vyplatí daleko více než obyčejná konstrukční ocel ČSN 11 600.

Všechny vyhazovací kolíky a také vyhazovací kroužek jsou z oceli DIN **1.2344** (EN X 40 CrMo V5 1, 19 554), která je určena k nitridování, s povrchovou tvrdostí 950 HV.

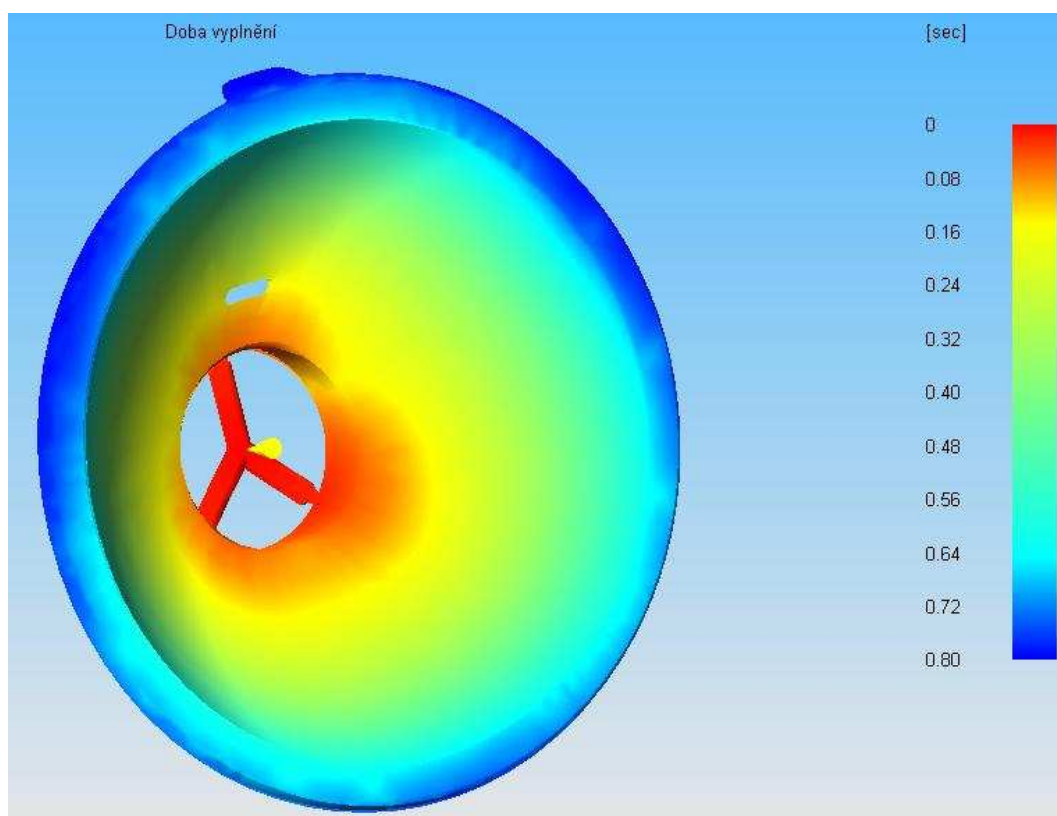
Tvárník, který je leštěn do vysokého zrcadlového lesku, materiál DIN **1.2764** (EN X 19 NiCrMo 4, ČSN 19 655), který je cementován a kalen na 54 ± 2 HRC.

Na izolační desky je použit tepelně izolační materiál **sklotextit**.

5.12 Technologická analýza

Software SolidWorks 2007 obsahuje modul MoldflowXpress pro technologickou analýzu. Cílem analýzy bylo určit co nejvhodnější místo pro vtok do dutiny formy a potvrdit tak správnost návrhu umístění vtoku. Tříbodový vtok byl zvolen tak, aby se dal výstřik co nejsnadněji vyhodit, a byl i co nejjednodušší, aby došlo k rovnoměrnému zaplnění tvarové dutiny formy. Dále ověřil, zda dojde k dostříknutí součásti.

Ze simulace vyplynulo, že dojde k úplnému zaplnění dutiny a zvolený tříbodový vtok bude pravděpodobně plně vyhovovat. Čas vstřikování je o něco nižší než vypočítaný čas $t_v = 1,31$ s, což je patně způsobeno zjednodušením vtokové soustavy a také odlišností výpočtových postupů softwaru.



Obr. 64. Simulace vstřikování

Červeně zbarvená pole označují místa, odkud se tvarová dutina začíná plnit. Naopak tmavě modrá místa, tam dojde k zaplnění tvarové dutiny úplně naposled. Zde vypočítaný čas vstřikování je 0,8 sekundy pro zvolený materiál polykarbonát.

6 NÁVRH VSTŘIKOVACÍHO LISU

Volba vhodného typu a velikosti vstřikovacího stroje na základě vypočítaných nebo případně zvolených parametrů z přehledu vstřikovacích strojů.

Rozhodující parametry pro výběr vstřikovacího stroje:

Uzavírací (přidržovací) síla: $F_p = 1812 \text{ kN}$

Průchod materiálu (taveniny) ze stroje do formy: $G = 18,7 \text{ kg/h}$

Průměr šneku vstřikovacího stroje: $D_s = 35 \text{ mm}$

Vstřikovací tlak: $p_v = 830 \text{ bar}$

Dávka (vstřikovaný objem) taveniny: $V_D = 52,13 \text{ cm}^3$

Vstřikovací rychlost: $v_s = 39,8 \text{ cm}^3/\text{s}$

6.1 Výrobci

Tab. 1. Někteří výrobci vstřikovacích strojů ve světě. [33]

Američtí výrobci	Asijské výrobci	Evropští výrobci
Boy	Asian Plastic Machinery	Arburg
Husky Injection Molding Systems	Der Gang Machinery Co., Ltd.	Babyplast
Launch Machinery Works Co.	Ekou Industries Co.	Battenfeld
	Fu Chun Shin	Billion
	Haida	BMB
	Haitai	Demag Plastics Group
	Haitian	Engel
	Huarong	Ferromatik Milacron
	Hwa Chin	Invera
	Chuan Lih Fa	Krauss-Maffei
	Jon Wai	MCP
	Lien Yu Machinery Co., Ltd.	Mitsui
	Liguang	Negri-Bossi
	Multiplas	Netstal
	Nan Rong	Sandretto
	Nissei	
	Sanshun	
	Shine Well	
	Shuenn Jaan	
	Toshiba	
	Victor-Taichung	
	Welltec	
	Woojin Selex	
	Zhejiang Sound	

6.2 Návrhy strojů

ARBURG [33]

Společnost má zastoupení v 70 zemích světa. Servis pro zákazníky: IT síťové propojení skladů na celém světě a na to návazná distribuce, on-line objednávání náhradních dílů, distanční pomoc, školení zákazníků, poradenství při sestavování projektů, financování a leasing.

Vzhledem k požadovaným parametrům vstřikovacího stroje jsem vybral typ Allrounder 570 A. Jedná se o elektrický stroj.



Obr. 65. Elektrický vstřikovací lis Allrounder 570 A [32]

BATTENFELD [36]

Tato celosvětová skupina dodává prostřednictvím svých dceřiných společností výrobky do více než 80 zemí světa a objemem své produkce zaujímá dominantní postavení na světovém trhu. V současné době pracují stroje a zařízení Wittmann Battenfeld ve více než 200 lisovnách plastů v České a Slovenské republice.

Vzhledem k požadovaným parametrům vstřikovacího stroje jsem vybral typ HM 180/525. Jedná se o hydraulický stroj.



Obr. 66. Vstřikovací lis HM 180/500 [34]

ENGEL [35]

Jako samostatná značka celosvětově největším výrobcem vstřikovacích strojů a zároveň jeden z celosvětově vedoucích podniků v konstrukci strojů na zpracování plastů. V roce 2001 byla skupina ENGEL rozšířena o nový závod v Kaplici.

Vzhledem k požadovaným parametrům vstřikovacího stroje jsem vybral typ Engel Victory 500/180. Jedná se o hydraulický stroj pro malé a středně velké dílce.



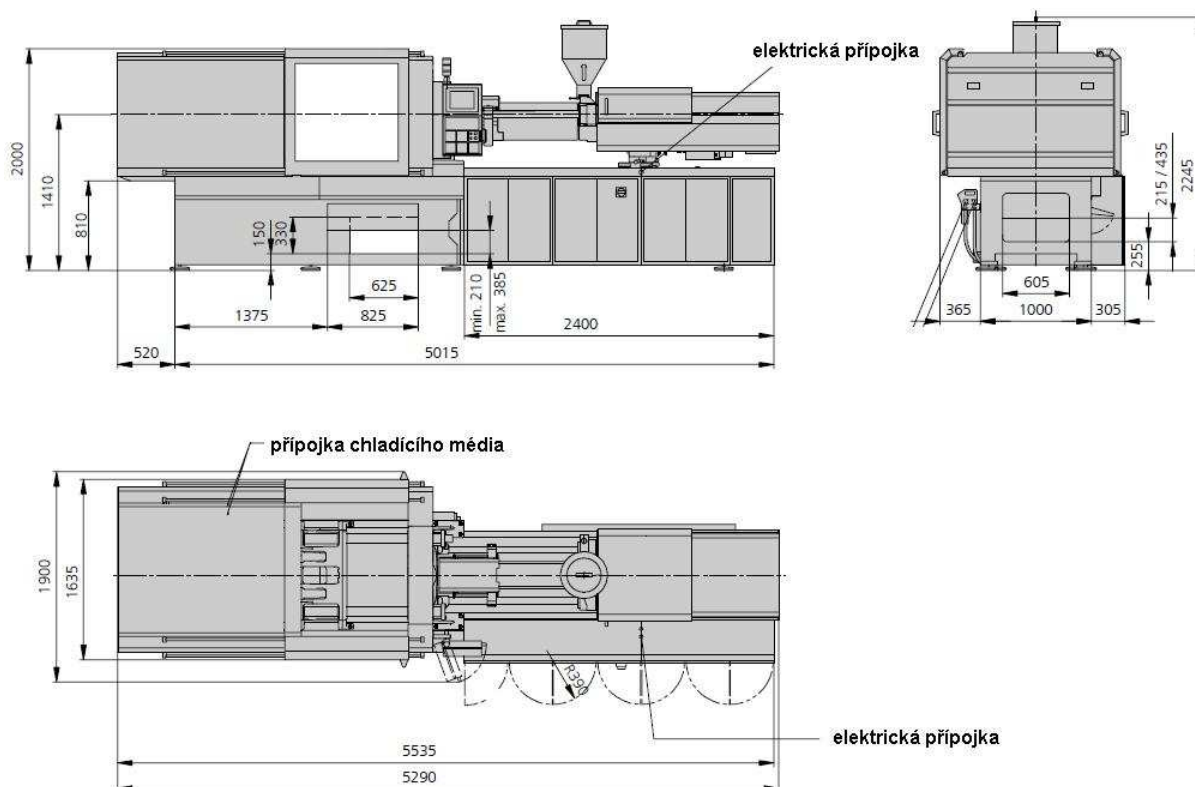
Obr. 67. Vstřikovací lis Victory 500/180. [35]

6.3 Parametry nejvhodnějšího stroje

ALLROUNDER 570 A [32]

Typ stroje		570 A	Vypočítané hodnoty
Mezinárodní velikost stroje dle EUROMAP ¹⁾		1600-400 2000-400	
Uzavírací jednotka			
Uzavírací síla	max. kN	1600 2000	1812
Otevření	max. mm	450	
Výška formy	min. mm	250-550	296
Světlost mezi upínacími deskami	max. mm	700-1000	
Vzdálenost mezi vodícími sloupy ⁴⁾	mm	570 x 570	
Velikost upínací desky (hor. x vert.)		795 x 795	
Vyhazovací síla	max. kN	60	
Zdvih vyhazovače	max. mm	200	66
Hydraulika, pohon, všeobecně			
Výkon čerpadla	kW		
Doba cyklu nasucho při otevření ⁵⁾	s- mm	1,3-399	
Celkový příkon stroje ²⁾	kW	33 34	
Vstřikovací jednotka		400	
Průměr šneku	mm	35 / 40 / 45	35
Poměr šneku	L/D	23 / 20 / 18	
Objem dávky	max. cm ³	154 / 201 / 254	52,13
Hmotnost vstřikovací dávky	max. g PS	141 / 184 / 232	
Kapacita zpracování materiálu ³⁾	max. kg/h PS	25 / 29 / 35	
	max. kg/h PA 6,6	12,5 / 15 / 17,5	
Vstřikovací tlak ⁴⁾	max. bar	2500 / 2000 / 1580	830
Vstřikovací rychlost (objemová) ⁶⁾		192 / 251 / 318	39,8
Vstřikovací rychlost (objemová) s akumul.			
Krouticí moment šneku	max. Nm	480 / 550 / 610	
Přítlačná síla trysky	max. kN	60	

Obr. 68. Parametry zvoleného stroje Allrounder 570 A [32]



Obr. 69. Rozměrové parametry zvoleného stroje Allrounder 570 A [32]

Zvolený vstřikovací elektrický lis byl vybrán z několika důvodů:

- dostatečná rezerva v přidržovací síle
- velká přesnost uzavírací jednotky
- ze všech vybraných strojů má elektrické řízení, které je dnes nejmodernější. Výhody elektrického řízení vstřikovacích strojů Arburg viz. Příloha 7
- dobrá dostupnost náhradních dílů a možnost servisu díky zastoupení přímo v ČR
- společnost Arburg patří ke špičce v technologii vstřikování plastů, což se ale také odvíjí na vyšší ceně stroje

7 TECHNICKO – EKONOMICKÉ HODNOCENÍ

7.1 Výběr vhodné varianty pro výrobu zadané série

A) Plně automatizovaný provoz

$$P_{\text{potřeba}} = \frac{50000}{4500} = 11,1 \text{ dní} (11 \text{ pracovních dní} + 1 \text{ směň})$$

Požadovaná doba dodání 1 měsíc pro 50 000 kusů výstřiků bude s rezervou dodržena.

B) Provoz s ručním zakládáním 3 jader

$$P_{\text{potřeba}} = \frac{50000}{1687,5} = 29,6 \text{ dní} (30 \text{ pracovních dní})$$

Tato varianta by sice přinesla značné zjednodušení formy a tím i snížení nákladů na konstrukci a výrobu v řádech tisíců korun, ale prodloužení výrobního cyklu, nutnost obsluhy (vyšší výdaje na mzdy hlavně nebezpečí poškození formy) a téměř třikrát větší doba provozu vstřikovacího stroje (zvýšení spotřeby energie) by pravděpodobně vedlo k vyšším celkovým nákladům.

Požadovaná doba dodání 1 měsíc pro 50 000 kusů výstřiků by nejspíše nebyla dodržena.

Zvolil jsem proto variantu A, kde bude plně automatickým provozem zajištěna bezproblémová výroba, a náklady budou pravděpodobně nižší.

7.2 Stanovení výrobních nákladů

Vstupní hodnoty:

Cena materiálu: $C_m = 125 \text{ Kč/kg}$

Velikost série: $N = 50\,000 \text{ ks}$

Hmotnost celého výstřiku: $G = 0,054 \text{ kg}$

Příkon stroje: $P_s = 34 \text{ kW}$

Cena elektrické energie: $C_E = 3,5 \text{ Kč/kWh}$

Koeficient opotřebení nástroje: $K_s = 0,8$

Hrubá mzda dělníka (vícestrojová obsluha): $N_d = 25,- \text{ Kč/h}$

Doba vstřikovacího cyklu: $t_c = 12 \text{ s} = 0,0033 \text{ h}$

Cena balícího materiálu: $B = 0,20 \text{ Kč/kus}$

Náklady na materiál pro sérii 50 000 kusů:

$$N_m = C_m \cdot G \cdot N = 125 \cdot 0,054 \cdot 50000 = 337500 \text{ Kč}$$

Čas výroby celé série:

$$t_s = t_c \cdot N = 3,3 \cdot 10^{-3} \cdot 50000 = \underline{165h}$$

Náklady na provoz stroje pro sérii 50 000 kusů:

$$N_s = \frac{P_s \cdot C_E}{K_s} \cdot t_s = \frac{34 \cdot 3,5}{0,8} \cdot 165 = \underline{24552Kč}$$

Náklady na mzdu dělníka:

$$N_{dc} = N_d \cdot t_s = 25 \cdot 165 = \underline{4125Kč}$$

Náklady na formu:

Tab. 2. Cenová nabídka dle firmy Jaroslav Pokorný Dačice

Technologie	Podíl ve výrobě [%]	Cena [Kč]
Konstruktér formy	9	29700
Technolog obrábění	8	26400
Konstruktér elektrod	7	23100
Soustružení	0,5	1650
Frézování	22	72600
Elektorerozivní jiskření	21	69300
Elektorerozivní řezání drtátem	17,5	57750
Leštění	9	29700
Vrtání chlazení	1	3300
Montáž, spojovací díly	2	6600
Tepelné zpracování	3	9900
Σ	100	330000

Cena za materiál a normálie – **30000 ,- Kč**Cena konstrukčních a technologických prací – **79200 ,- Kč**Cena tepelného zpracování jednotlivých částí – **9900 ,- Kč**Cena obrábění a práce dělníků – **240900 ,- Kč**

$$N_F = \sum_{i=4} Cen_i = 30000 + 79200 + 9900 + 240900 = \underline{360000Kč}$$

Náklady na balicí materiál:

$$N_B = B \cdot N = 0,2 \cdot 50000 = \underline{10000Kč}$$

Náklady na odzkoušení + výroba vzorků:

$$N_{zK} = \underline{3000Kč} - \text{dle firemních zkušeností}$$

Celkové náklady pro sérii 50 000 kusů:

$$\begin{aligned} N_C &= N_m + N_S + N_{dc} + N_F + N_{ZK} + N_B = \\ &= 270000 + 24552 + 4125 + 360000 + 10000 + 3000 = \underline{739177Kč} \end{aligned}$$

Celkové náklady na jednu parabolu bez pokovení:

$$N_{c1} = \frac{N_C}{N} = \frac{739177}{50000} = \underline{14,78Kč}$$

Celkové náklady samozřejmě zahrnují i některé další položky, které se promítají do ceny výstřiku. Je to např. náklady na údržbu stroje, náklady na chladicí vodu, náklady na manipulaci s formou, náklady na údržbu formy, odbytové náklady, náklady na vedení. Bohužel všechny tyto položky nemohu v této práci zohlednit, protože mi je ani nikdo přesně nesdělí. Výpočty jsou proto pouze orientační.

Celkové náklady na jednu parabolu včetně pokovení:

Bohužel mi nebylo umožněno od firmy Automotive Lightning, s. r. o. získat cenovou nabídku, protože to nedovoluje jejich cenová politika podniku. Cenovou nabídku poskytují pouze potencionálním zákazníkům. Celý výpočet vychází nejen z ceny práce a energií, ale i z ceny opotřebení strojů, budov a přípravků. Jedná se o poměrně komplikovaný výpočet. Cena pokovení 1 výlisku paraboly byla proto odhadnuta na $N_p = 30 \text{ ,- Kč}$.

Cena pokovení jednoho kusu paraboly:

$$N_{c2} = N_{c1} + N_p = 14,8 + 30 = \underline{44,8Kč}$$

ZÁVĚRY A VÝHLEDY

Diplomová práce na téma „Návrh technologie výroby tělesa světlometu motocyklu“ je zaměřena na návrh nové výrobní technologie pro dílec, který byl původně vyráběn několika technologiemi plošného tváření a svařováním. Časová náročnost kompletní výroby, včetně galvanického pokovení a lakování, byla velmi vysoká, a od toho se tak odvíjela vyšší cena. Cílem práce bylo navrhnout novou výrobní technologii podloženou ekonomickým zhodnocením a také provést konstrukci vhodného nástroje.

Předkládané řešení výroby pomocí technologie vstřikování plastů přináší mnoho úspor nejen ekonomických, ale i logistických a hmotnostních. Práce obsahuje část teoretickou a praktickou, zaměřenou přímo na technologii vstřikování termoplastů.

Teoretická část zahrnuje především:

- základní pojmy, zákonitosti v oblasti zpracování termoplastů,
- materiálové vlastnosti termoplastů,
- detailní rozbor technologie vstřikování termoplastů – fáze vstřikování,
- zásady konstrukce vstřikovacích forem,
- vstřikovací stroje,
- možné principy a technologie pokovování plastů.

V praktické části diplomové práce jsem provedl konstrukční řešení vstřikovací formy, kde jsem se soustředil na co nejnižší výrobní náklady. Byly posouzeny dvě varianty zaformování a volby dělicí roviny, z nichž jsem vybral právě tu, která umožňovala nejjednodušší vyhození z tvarové dutiny.

Při konstrukci vstřikovací formy jsem musel vyřešit dva hlavní problémy. Bylo potřeba zkonstruovat mechanismus pro vytvoření otvoru na výlisku (slouží k naklápění světlometu), který je kolmý k ose lisu. Tento problém jsem vyřešil pomocí jednoduchého mechanismu (klín a kolík s pružinou), který by ale v praxi při odformování mohl dělat problém. Tento problém by mohlo vyřešit použití hydraulického válce, který by kolík přímočaře jen zasouval a vysouval. Cena takového zařízení by ale zvýšila náklady na formu o cca 20 tis. Kč, ovšem spolehlivost by se zvýšila několikanásobně.

Druhým problémem při konstrukci bylo vymyslet mechanismus pro odformování tří výstupků, které slouží pro uchycení držáku s žárovkou. Tento problém jsem vyřešil poměrně elegantně pomocí tří tvarových šikmých vyhazovačů, které slouží jak pro vyhození výstřiku, tak také tvoří část tvarové dutiny. Jsou ovládány pohybem celého vyhazovacího systému.

Pomocí základních údajů o výstřiku jsem provedl potřebné výpočty pro potřebné technologické parametry vstřikování, které jsem dále využil pro volbu vhodného vstřikovacího stroje.

Dále jsem se zaměřil na technologii pokovení tělesa světlometu, která byla nejvhodnější a vzhledem k tvaru dílce také nejlevnější možnou variantou. Jedná se o vakuovou technologii odpařování. Detailněji jsem popsal princip a pracovní postup, který je znázorněný na přiložených fotografiích přímo z výroby. Vybrané zařízení plně odpovídá požadavkům pokovení dílce.

Závěrečné ekonomické zhodnocení celého výrobního postupu série 50 tis. kusů světlometů samozřejmě nemůže zohlednit všechny výrobní náklady, náklady na logistiku atd., ale co nejvíce jsem se snažil přiblížit skutečnosti z dostupných zdrojů. Z ekonomického hlediska jsem zjistil, že použitím technologie vstřikování plastů

dojde ke značné úspoře výrobního času, a tudíž i ke snížení nákladů na jeden kus. Z výpočtů vyplynulo, že náklady na jeden plastový výlisek při výrobní sérii 50 tis. kusů budou cca 15 ,- Kč. Samozřejmě jsem chtěl zjistit i cenu následného pokovení, ale to mi od spolupracující firmy nebylo sděleno. Cenové nabídky podávají jen potencionálním zákazníkům. Proto jsem cenu pokovení jednoho dílce odhadl na 30 ,- Kč. Celkové odhadované náklady na kompletní výrobu jednoho světlometu by tedy byly kolem 45 ,- Kč, což je při ceně 950 ,- Kč za zrenovovanou originální parabolu (nová galvanická vrstva chrómu a antikoroziční lak) velmi značná úspora.

Seznam použitých zdrojů

- [1] TECHNICKÁ UNIVERZITA LIBEREC, KATEDRA STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE. *Technologie II (Část II – Zpracování plastů): Skripta*. [online]. [cit. 20. února 2010]. Dostupné na Word Wide Web: <http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/12.htm>.
- [2] BÖHM PLAST – TECHNIC. [online]. [cit. 20. února 2010]. Dostupné na Word Wide Web: <<http://www.bohmct.cz/cs/default.aspx>>.
- [3] FISCHER. [online]. [cit. 20. února 2010]. Dostupné na Word Wide Web: <<http://www.fischer-galvanik.de/leistungen/galvanik-fuer-einsteiger.php>>.
- [4] OSTRÁ, V. *Pokovování plastů*. [online]. [cit. 20. února 2010]. Dostupné na Word Wide Web: <http://povrchari.cz/kestazeni/200909_povrchari.pdf>.
- [5] RELIANCE. [online]. [cit. 20. února 2010]. Dostupné na Word Wide Web: <<http://www.reliance.cz/images/success-stories/chemical-industry/cvp-galvanika/galvanicka-linka.jpg>>.
- [6] SEDLÁKOVÁ, L., ŠPATENKA, P. *Mechanické vlastnosti plazmově deponovaných TiO_x vrstev*. [online]. [cit. 22. února 2010]. Dostupné na Word Wide Web: <http://www.kmt.tul.cz/sekce/doplňky/prehledovy_text_FRVS-1.doc>.
- [7] CHEMIE.GFXS.CZ – CHEMICKÝ VZDĚLÁVACÍ PORTÁL. [online]. [cit. 22. února 2010]. Dostupné na Word Wide Web: <http://chemie.gfxs.cz/index.php?pg=prvek&prvek_id=5>.
- [8] VYSKOČIL, J., *Příprava nových povlaků metodami PVD*. Praha: Prezentace firmy HVM Plasma, 2005. 51 s. [online]. [cit. 8. února 2008]. Dostupné na Word Wide Web: <<http://www.vakspol.cz/lsvt05/Vyskocil.pdf>>.
- [9] VODIČKA, M. *Současnost a trendy povlakování technologií PVD*. [online]. [cit. 1. února 2008]. Dostupné na Word Wide Web: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/soucasnost-a-trendy-povlakovani-technologie-pvd>>.
- [10] KŘÍŽ, A. *Nové trendy vývoje tenkých vrstev vytvořených PVD a CVD technologií v aplikaci na rezné nástroje: Habilitační přednáška*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni. 44 s. [online]. [cit. 12. února 2008]. Dostupné na Word Wide Web: <http://www.benjamin.ic.cz/Habilitacni_prednaska.pdf>.
- [11] JÍLEK, M. *Nová průmyslová technologie povlakování*. [online]. [cit. 4. května 2008]. Dostupné na Word Wide Web: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/nova-prumyslova-technologie-povlakovani>>.
- [12] HOLUBÁŘ, P., ŠÍMA, M., ZINDULKA, O. *Technologie úprav nástrojů před a po povlakování*. [online]. [cit. 4. května 2008]. Dostupné na Word Wide Web:

<<http://www.mmspektrum.com/clanek/technologie-uprav-nastroju-pred-a-po-povlakovani>>.

- [13] HUMÁR, A. *Materiály pro řezné nástroje (Interaktivní multimediální text pro všechny studijní programy FSI)*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2006. 192 s. [online]. [cit. 5. února 2008]. Dostupné na Word Wide Web: <http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/mat_pro_rez_nastroje/materialy_pro_rezne_nastroje_v2.pdf>.
- [14] KMENT, Š., KLUSOŇ, P., HUBIČKA, Z. *Plazmová depozice tenkých vrstev oxidu zinečnatého*. [online]. [cit. 24. února 2010]. Dostupné na Word Wide Web: <<http://www.vscht.cz/kot/resources/svk2005/kment.pdf>>.
- [15] PEDAGOGICKÁ FAKULTA MU, KATEDRA FYZIKY. *Fyzikální základy vědy o materiálu* [online]. [cit. 24. února 2010]. Dostupné na Word Wide Web: <<http://www.ped.muni.cz/wphy/FyzVla/FMkomplet3.htm>>.
- [16] ATEAM ZCU. *Tenké vrstvy*. [online]. [cit. 24. února 2010]. Dostupné na Word Wide Web: <http://www.ateam.zcu.cz/tenke_vrstvy_sma.pdf>.
- [17] KRAUS, V. *Povrchy a jejich úpravy*. [online]. [cit. 1. března 2010]. Dostupné na Word Wide Web: <<http://tzs.kmm.zcu.cz/POUcelk.pdf>>.
- [18] SANTA CLARA UNIVERSITY. [online]. [cit. 1. března 2010]. Dostupné na Word Wide Web: <<http://www.scu.edu/engineering/centers/nano/nasafacility.cfm>>.
- [19] GABRIEL, J. *Školící materiály "Kurz vstřikování plastů" firmy Kompozity Brno*. Brno.
- [20] KANDUS, B. *Přednášky a podklady ze cvičení z předmětu Technologie zpracování plastů*. Brno.
- [21] ZEMAN, L. *Vstřikování plastů*. Praha: BEN – Technická literatura, 2009. 247 s. ISBN 978-80-7300-250-3.
- [22] BĚHÁLEK, L. *Plastové výrobky a jejich kvalita povrchu*. [online]. [cit. 2. března 2010]. Dostupné na Word Wide Web: <http://povrchari.cz/kestazeni/200803_povrchari.pdf>.
- [23] SUCHÁREK, O. *Konstrukce vstřikovací formy: Bakalářská práce*. [online]. [cit. 2. března 2010]. Dostupné na Word Wide Web: <https://www.stag.utb.cz/apps/stag/dipfile/index.php?download_this_unauthorized=5332>.
- [24] TECHNICKÁ UNIVERZITA LIBEREC, KATEDRA STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE.. *Technologie II (Část II – Zpracování plastů): Skripta*. [online]. [cit. 3. března 2010]. Dostupné na Word Wide Web: <http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm>.
- [25] BOBČÍK a kol. *Formy pro zpracování plastů, I. Díl – Vstřikování*

termoplastů. Uniplast Brno, 2. opravené vydání, 1999. 134 s.

- [26] BOBČÍK a kol. *Formy pro zpracování plastů II. Díl – Vstřikování termoplastů*. Uniplast Brno, 1. vydání, 1999. 214 s.
- [27] TOMIS, F., HELŠTÝN, J., KAŇOVSKÝ, J. *Formy a přípravky*. Vysoké učení technické v Brně, červenec 1979. ISBN 55-835-79.
- [28] ŠENKEŘÍK, V. *Vstřikovací formy: Bakalářská práce*. [online]. [cit. 5. března 2010]. Dostupné na Word Wide Web: <https://www.stag.utb.cz/apps/stag/dipfile/index.php?download_this_unauthorized=8629>.
- [29] TOMIS, F., HELŠTÝN, J. *Formy a přípravky*. SNTL – Nakladatelství technické, Praha, 1985.
- [30] BAYER APEC. [online]. [cit. 19. března 2010]. Dostupné na Word Wide Web: <http://plastics.bayer.com/plastics/emea/en/product/apec/product_datasheets/producttype.jsp?lineId=42>.
- [31] CAMPUS PLASTICS. [online]. [cit. 29. března 2010]. Dostupné na Word Wide Web: <<http://webview.materialdatacenter.com/mb/index.php#loadPage3>>.
- [32] ARBURG. [online]. [cit. 31. března 2010]. Dostupné na Word Wide Web: <http://www.arburg.com/com/COM/en/products/machines/standard/allrounder_a/downloads.jsp>.
- [33] PLASTOVY - REGRANULÁT.CZ. [online]. [cit. 31. března 2010]. Dostupné na Word Wide Web: <<http://plastovy-regranulat.cz/vstrikolisy/index.php?page=nacti&id=36>>.
- [34] BATTENFELD. [online]. [cit. 31. března 2010]. Dostupné na Word Wide Web: <<http://www.battenfeld-imt.com/>>.
- [35] ENGEL. [online]. [cit. 31. března 2010]. Dostupné na Word Wide Web: <http://www.engelglobal.com/engel_web/global/en/122.htm>.
- [36] PLASTICPORTAL.EU. [online]. [cit. 6. dubna 2010]. Dostupné na Word Wide Web: <<http://www.plasticportal.eu/sk/wittmann-battenfeld-cz/f/77>>.
- [37] FCPK BYTOW. [online]. [cit. 12. dubna 2010]. Dostupné na Word Wide Web: <<http://www.fcpc.pl/pl/index.html>>.
- [38] CECHO. [online]. [cit. 12. dubna 2010]. Dostupné na Word Wide Web: <http://www.cecho.cz/index_cz.php>.
- [39] HASCO. [online]. [cit. 12. dubna 2010]. Dostupné na Word Wide Web: <<http://www.hasco.com/>>.

Seznam použitých zkratk a symbolů

<i>Zkratka/ Symbol</i>	<i>Popis</i>	<i>Jednotka</i>
ABS	akrylonitrilbutadienstyren	-
a_{eff}	měrná teplotní vodivost plastu	mm ² /s
Ag	stříbro	-
Al	hliník	-
Aproj	plocha průmětu tvarové dutiny do dělicí roviny formy	cm ²
Au	zlato	-
B	cena balícího materiálu	Kč/ks
CH₄	methan	-
C₂H₂	acetylén	-
CE	cena elektrické energie	Kč/kWh
Cm	cena materiálu	Kč/kg
Cr-Ni	chromnikolová ocel	-
Cu	měď	-
CVD	chemický princip nanesení materiálu	-
D	vnější největší průměr dílce	mm
d	vnitřní nejmenší průměr dílce	mm
D_S	průměr šneku vstřikovacího stroje	mm
f_a, f_c	dráha toku taveniny	mm
Fp	uzavírací (přidržovací) síla	kN
G	hmotnost plastového dílce	g
G'	průchod materiálu (taveniny)	kg/h
k₂, k₁	materiálové koeficienty	-
Ka	faktor navýšení objemu taveniny plastu	g/cm ³
K_{den}	počet výstřiků za den	ks
K_f	faktor schopnosti tečení taveniny plastu	bar/mm
K_S	koeficient opotřebení nástroje	-
L	maximální délka dráhy toku taveniny	mm
L₁, L₂, L_{S1}, L_{S2}	dílcí úseky toku taveniny	mm
L_S	celková délka toku taveniny	mm
L_S	délka dráhy pohybu šneku	mm

M	výpočtový exponent	-
N	velikost série	ks
Na[BH₄])	tetrahydroborat sodný	-
N_B	náklady na balicí materiál	Kč
N_C	celkové náklady	Kč
N_{c1}	celkové náklady na 1 dílec bez pokovení	Kč
N_{c2}	celkové náklady na 1 dílec včetně pokovení	Kč
N_d	hrubá mzda dělníka	Kč/h
N_{dk}	náklady na mzdu dělníka	Kč
N_F	náklady na výrobu formy	Kč
Ni	nikl	-
N_m	náklady na materiál	Kč/h
N_P	náklady na pokovení 1 dílce	Kč
n_S	otáčky šneku při plastikaci	ot/min
N_S	náklady na provoz stroje	Kč
N_{ZK}	náklady na odzkoušení	Kč
O₂	kyslík	-
p	tlak	Pa
p₁	počáteční tlak	bar
PA	polyamid	-
p_A	tvářecí tlak (tlak naplnění)	bar
PC	polykarbonát	-
PE	polyethylen	-
PECVD	fyzikální princip odpaření nebo odprášení materiálu podporovaný plazmatem	-
p_f	minimální plnicí tlak	bar
p_i	tlak v tvarové dutině,	Pa
PMMA	polymetylmetakrylát	-
POM	polyoxymethylen	-
P_{potřeb}	počet dní na zhotovení série	den
PP	polypropylen	-
PS	polystyrén	-
P_S	příkon stroje	kW
p_t	plnicí tlak	bar
p_v	vstřikovací tlak	bar

PVC	polyvinylchlorid	-
PVD	fyzikální princip odpaření nebo odprášení materiálu	-
Q	teplo vnesené taveninou plastu do formy	kJ/h
Q_K	teplo odvedené prouděním do vzduchu	kJ
Q_L	teplo odvedené vedením do upínacích desek stroje,	kJ
Q_{pl}	teplo přivedené taveninou	kJ
Q_{Str.}	teplo odvedené sáláním do vzduchu	kJ
Q_{TM}	teplo přivedené / odvedené temperačním médiem,	kJ
Q_u	teplo odvedené do okolí přirozeným způsobem,	kJ
r	hustota použitého plastu	g/cm ³
RF	vysoká radiová frekvence	kHz
S, S₁, S₂	tloušťka stěny vylisku	mm
Si	křemík	-
S_k	pohyb šneku	mm
S_N	pohyb formy	mm
t_C	doby vstřikovacího cyklu	s
td	doba dotlaku	s
t_Z	doba ručního založení jader	s
T_f	teplota viskozního toku u amorfních polymerů	°C
T_F	teplota formy	°C
T_g	teplota skelného přechodu	°C
t_{ch}	doba chlazení	s
Ti	titan	-
t_K	doba chlazení	s
T_m	teplota tavení krystalů u semikrystalických polymerů	-
T_M	teplota taveniny	°C
t_N	vedlejší čas	s
t_{pl}	doba plastikace	s
T_S	čas výroby celé série	h
t_{S1}, t_{S2}	strojní časy	s
T_{tav}	teplota taveniny	°C
t_v	doba plnění dutiny formy	s
t_V	doba vstřikování	s
T_w	teplota formy	°C
UV	ultrafialové záření	-

V	objem plastového dílce	cm ³
V_D	velikost dávky taveniny	cm ³
v_S	vstřikovací rychlost	cm ³ /s
Δh	rozdíl entalpií použitého plastu	kJ/kg
η	viskozita taveniny plastu	Pas
π	Ludolfovo číslo	-
v	maximální obvodová rychlost šneku	m/s

Seznam příloh

- Příloha 1** – Přehled plastů a hodnot jejich smrštění
- Příloha 2** – Sušení technických termoplastů
- Příloha 3** – příčiny a možné odstranění vad
- Příloha 4** – Mechanické systémy forem
- Příloha 5** – Základní typy používaných trysek
- Příloha 6** – Materiálový list vybraného polymerního materiálu
- Příloha 7** – Zvolený vstřikovací stroj

Výkresová dokumentace

- **výkres** – Parabola replika, č. v. A3 - 5O/61 - 1
- **výkres** – Tvárník, č. v. A3 - 5O/61 - 2
- **výkres** – Deska 2 – Tvárnice, č.v. A2 – 5O/61 - 3
- **výkres** – Sestava a kusovník „Forma Parabola“, č. v. A1 - 5O/61 - 4

Příloha 1 – Přehled plastů a hodnot jejich smrštění

Chemický název plastu	Zkratka	Hustota (g . cm ⁻³)	Smrštění při vstřikování (%)
Polyethylen rozvětvený (vysokotlaký)	rPE	0,92 – 0,93	1,5 – 3
Ethylen-vinylacetát kopolymer	EVA	0,923 – 0,96	2 – 4
Polyethylen lineární (nizkotlaký)	IPE	0,935 – 0,963	2 – 4
Polypropylen	PP	0,90 – 0,91	1,5 – 2
Polypropylen-kopolymery	PP-kopol.	0,90 – 0,905	2 – 2,3
Polypropylen s 20 % skleněných vláken	PP + 20 % SV	1,04	0,7 – 1,5
Polypropylen s 30 % skleněných vláken	PP + 30 % SV	1,14	0,2 – 1
Polypropylen s 30 % „ skleněných vláken chemicky vázaných	PP + 30 % „ SV (CH)	1,14	0,2 – 1
Polypropylen s 20 % „ skleněných mikrokuliček	PP + 20 % „ SK	1,03	0,4
Polypropylen s 20 % talku	PP + 20 % T	1,04	0,7 – 1,2
Polypropylen se 40 % talku	PP + 40 % T	1,21	0,6 – 1
Polypropylen se 40 % „ asbestu	PP + 40 % „ A	1,29	1,1
Polyvinylchlorid (tvrdý)	PVC	1,38 – 1,40	0,2 – 0,5
Polyvinylchlorid houževnatý	PVC houž.	1,34 – 1,38	
Polyvinylchlorid měkký	PVC měkk.	1,20 – 1,34	1 – 2,5
Polystyren	PS	1,05	0,2 – 0,5
Polystyren houževnatý	hPS	1,03 – 1,04	0,4 – 0,7
Styren-akrylonitril kopolymer	SAN	1,06 – 1,08	0,4 – 0,6
Akrylonitril-butadien-styren kopolymer	ABS	1,03 – 1,06	0,4 – 0,7
Akrylonitril-styren-akrylester kopolymer	ASA	1,07	0,4 – 0,7
Polymethylmetakrylát	PMMA	1,18	0,3 – 0,8
Polykarbonát	PC	1,22	0,7 – 0,8
Polykarbonát s 35 – 40 % skleněných vláken	PC + 35 – 40 % SV	1,51	0,2
Polykarbonát s ABS – směs	PC + ABS směs	1,12 – 1,16	0,4 – 0,7
Polykarbonát s PBTP – směs	PC + PBTP směs	1,21 – 1,24	0,8 – 1

Chemický název plastu	Zkratka	Hustota (g . cm ⁻³)	Smrštění při vstřikování (%)
Polyamid 66	PA 66	1,12–1,15	1–2
Polyamid 66 modifikovaný vysoc houževnatý	PA 66 modif. houžev.	1,08–1,12	1–2
Polyamid 66 s 20–25 % skleněných vláken	PA 66 + 20–25 % SV	1,25–1,30	0,4
Polyamid 66 s 30–35 % skleněných vláken	PA 66 + 30–35 % SV	1,35–1,40	0,3
Polyamid 66 s 50 % skleněných vláken	PA 66 + 50 % SV	1,55–1,60	0,2
Polyamid 66 se 40 % minerálního plniva	PA 66 + 40 % miner.	1,50	0,5
Polyamid 6	PA 6	1,12–1,14	1–2,5
Polyamid 6 s 25 % skleněných vláken	PA 6 + 25 % SV	1,3	0,4
Polyamid 6 s 30–35 % skleněných vláken	PA 6 + 30–35 % SV	1,35–1,40	0,3–0,4
Polyamid 6 s 50 % skleněných vláken	PA 6 + 50 % SV	1,50	0,2
Polyamid 610	PA 610	1,07	1,2
Polyamid 612	PA 612	1,08	0,7–1,1
Polyamid 11	PA 11	1,04	1–2
Polyamid 11 s 30 % skleněných vláken	PA 11 + 30 % SV	1,26	0,4
Polyamid 11 měkký	PA 11 měkk.	1,04–1,06	1–2
Polyamid 12	PA 12	1,01–1,02	0,8–2
Polyamid 12 s 30 % skleněných vláken	PA 12 + 30 % SV	1,21–1,26	0,4–0,6
Polyamid 12 měkký	PA 12 měkk.	1,02–1,03	1–2
Polyamid amorfni	PA amorf.	1,00–1,06	0,4–0,6
Polyamid-polyether kopolymer	PA-polyether kopol.	1,01–1,11	0,5
Polyformaldehyd	POM	1,42	1–3,5
Polyformaldehyd s cca 25 % skleněných vláken	POM + cca 25 % SV	1,56–1,58	0,3–1

Zdroj: GABRIEL, J. Školící materiály "Kurz vstřikování plastů" firmy Kompozity Brno.
Brno.

Příloha 2 – Sušení technických termoplastů

Sušení technických termoplastů. Max. teplota a max. dovolený obsah vlhkosti

materiál	max. teplota sušení (st. C)	max. dovolený obsah vlhkosti v granulátu (%)	dobu sušení (hod.)
PA	100	< 0.15	4
PBT	120	< 0.02	4
PBT + PC/ASA	120	< 0.02	4
POM	120	< 0.15	4
PESU	200	< 0.05	4
PSU	160	< 0.05	4
PAEK	200	< 0.05	4
LCP	80	< 0.02	3
SB	60 bis 80	< 0.2	3
ABS	90	< 0.2	3
PP + Talkum	120	< 0.03	3
ASA/PC	110	< 0.1	3

Zdroj: GABRIEL, J. Školící materiály "Kurz vstřikování plastů" firmy Kompozity Brno. Brno.

Příloha 3 – příčiny a možné odstranění vad

Závady jsou rozděleny na závady vzniklé v důsledku:

- vstřikovaného materiálu – M
- technologických parametrů vstřikování – T
- vstřikovacího stroje – S
- formy – F
- konstrukce výstřiku – V

V textu jsou použity zkratky a označení:

ITT	index toku taveniny
BP	bod přepnutí ze vstřikovacího tlaku na dotlak
DVMT	doba výdrže materiálu na zpracovatelské teplotě
P	uzavírací síla vstřikovacího stroje
η	viskozita taveniny
T_T	teplota taveniny
T_F	teplota formy
p_v	vstřikovací tlak
V_s	vstřikovací rychlost
p_d	dotlak
t_d	doba dotlaku
l	dávka
n	otáčky šneku
p_p	protitlak, zpětný odpor na šneku
T	teplota
t	doba
t_{och}	doba ochlazování
t_{ch}	doba chlazení
t_c	doba cyklu
l_p	polštář
V_T	objemový proud taveniny

4.3.11.2.1 Přestřiky, přetoky, otřepy

Závada	Příčina	Odstranění
M	Příliš vysoký ITT (nízká η)	Použít typ s nižším ITT
T	Vysoký p_v, v_s, T_T, T_F	Snížit p_v, v_s, T_T, T_F , Posunout BP k nižším hodnotám
S	Nízká P. Po uzavření formy nepřepne stroj na plný tlak	Zvýšit P nebo přejít na stroj s vyšší P. Odstranit v řídicím systému
F	Nedokonalé uzavírání formy vlivem nepřesnosti v dělicí rovině. Znečištění, poškození, opotřebení dělicích rovin a lícovaných dílů. Předimenzované odvodušnění.	Proměřit formu a závadu odstranit. Upravit odvodušňovací kanálky s ohledem na η taveniny.

4.3.11.2.2 Neúplné výstřiky

Závada	Příčina	Odstranění
M	Příliš nízký ITT (vysoká η)	Použít typ s vyšším ITT
T	Nízký $p_v, p_d, T_T, T_F, v_s, l, l_p, BP$ v nižší oblasti tlaku	Zvýšit $p_v, p_d, T_T, T_F, v_s, l, l_p$. Posunout BP k vyšším hodnotám.
S	Zpětným uzávěr šneku netěsní. Plastikační výkon nestačí. Tavenina zatéká na trysce	Vyčistit nebo vyměnit. Přejít na větší $\emptyset$ šneku. Kontrola souososti a dosedu trysky na vtokovou vložku, opravit.
F	Poddimenzovaná vtoková soustava. Chladicí, resp. temperační systém formy je nedostatečný. Vícenásobné formy s nestejnou délkou toku – neplní se vzdálené tvarové dutiny.	Zvětšit vtoky, kanály a vtoková ústí, event. použít více vtoků. Provést rozložení T_F a závadu odstranit. Provést korekci vtokových ústí, nebo změnit vtokovou soustavu.
V	Tvar výstřiku, jeho rozměry (tloušťka stěny) jsou nevhodně zvoleny pro daný typ polymeru	Přizpůsobit tvar a rozměry zpracovávanému plastu.

4.3.11.2.3 Propadliny, staženiny, lunkry, zvlnění povrchu

Závada	Příčina	Odstranění
M	Nízký ITT (vysoká η)	Použít typ s vyšším ITT
T	Nízký p_v , p_d , t_d , v_s , T_{och} , T_T , T_F , l , l_p , BP v nižší oblasti tlaku	Zvýšit p_v , p_d , t_d , v_s , l , l_p , T_{och} , T_T a T_F optimalizovat. Posunout BP k vyšším hodnotám.
S	Zpětný uzávěr šneku netěsní. Plastikační výkon je malý. Tavenina zatéká na trysce. Tavenina předčasně zamrzne v trysce.	Vyčistit nebo vyměnit. Zvýšit plastikační výkon. Kontrola souososti a dosedu trysky. Kontrola topení na trysce, změnit režim (ne trvalý dosed), zvětšit $\varnothing$ trysky.
F	Vtoková soustava je poddimenzovaná. Tokové dráhy jsou neúměrně dlouhé. Rozložení teploty tvarové dutiny je nepravidelné.	Zvětšit průřezy vtoku, rozváděcích kanálků a vtokového ústí. Zajistit více vtoků nebo použít horké trysky. Zkontrolovat chladicí a temperační systém.
V	Tvar výstřiků neodpovídá technologickým požadavkům (tloušťka, tokové dráhy aj.)	Odstranit velkou nerovnoměrnost v tloušťce stěn a vyvarovat se nahromadění materiálu.

4.3.11.2.4 Studené spoje

Závada	Příčina	Odstranění
M	Nehomogenita materiálu (rozdílná tekutost)	Použít materiál s úzkým rozmezím ITT.
T	Nízká T_T , T_F , v_s	Zvýšit T_T , T_F , optimalizovat v_s .
S	Nízká P	Zvýšit P
F	Nevhodná poloha ústí vtoku, nevhodná vtoková soustava. Nedostatečné odvědušnění v místě styku dvou nebo více proudů taveniny. Použití separátorů (zejména na bázi silikonového oleje).	Změnit polohu ústí (např. na tangenciální), změnit vtok (např. na deštníkový, filmový apod). Zvětšit odvědušňovací kanálky, event. zajistit přetokovou jamku. Odstranit nevhodné separátory.

4.3.11.2.5 Místní spálení materiálu v důsledku komprese vzduchu (dieselefekt)

Závada	Příčina	Odstranění
M	Příliš nízká η taveniny.	Použít typ s nižším ITT.
T	Vysoká v_s , V_T , T_T .	Snížit v_s , V_T , T_T .
S	Velká dekomprese po plastikaci, příliš velká P.	Snížit dekompresi. Snížit P.
F	Nevhodná konstrukce vtoku a polohy vtokového ústí, nedostatečné odvědušnění.	Změnit polohu vtokového ústí, zvětšit odvědušňovací kanály.

4.3.11.2.6 Smouhy, šliry, změna barvy

Závada	Příčina	Odstranění
M	Termicky nestabilní materiál nebo jeho aditiva. Znečištěný materiál. Nerovnoměrné rozdělení barevného koncentrátu.	Použít jiný stabilnější typ plastu. Provéřit zdroj znečištění a závadu odstranit. Použít mísiče, přizpůsobit otáčky šneku n a zvýšit protitlak P_p .
T	T_{T,v_s} příliš vysoká. Doba prodlevy taveniny v komoře dlouhá. Špatná regulace T v horkém rozvodu. Rozdílné vyrovnávání barevného pigmentu v proudu taveniny.	Snížit T_{T,v_s} . Zkrátit t_c , použít menší plastikační jednotku. Provést kontrolu a opravit. Použít šnek s mísicí zónou.
S	Opotřebovaná plastikační jednotka (např. „mrtvé kouty“ na těsnicích plochách).	Kontrola válce, šneku, uzávěru, těsnicích ploch a závadu odstranit.
F	Poddimezovaná ústí vtoku způsobující přehřátí taveniny (např. u tunelových vtoků). Nevhodný systém horkých vtoků a rozvodů.	Konzultovat s výrobcem horkých vtoků a závadu odstranit.

4.3.11.2.7 Tmavé body na povrchu výstřiků

Závada	Příčina	Odstranění
M	Znečištěný granulát nebo drť.	Odstranit zdroj znečištění, použít nový materiál.
T	Příliš vysoký p_p vyvolá zvýšené „strhávání“ nečistot z mrtvých koutů.	Snížit p_p .
S	Cizí částice v plastikačním válci, mrtvé kouty ve vstřikovací jednotce.	Pročistit plastikační válec čisticí směsí. Přezkoušet vstřikovací jednotku: opotřebení šneku, zpětný uzávěr, hlavu válce a přechody, trysku a dosed na vtokovou vložku.
F	Znečištěná (zkorodovaná) vtoková soustava a tvarová dutina formy, zanesený dezén (v místě spojů, odvzdušnění aj.).	Vyčistit tvarovou dutinu a vtokovou soustavu. věnovat pozornost horkým tryskám a rozvodům.

4.3.11.2.8 Stopy vlhkosti

Závada	Příčina	Odstranění
M	Nedostatečné vysušení granulátu, recyklátu, drtě, aditiv. Granulát příliš dlouho v násypce nebo v dávkovacím systému. Vysušený materiál nevhodně skladovaný (v chladu, vlhku apod.). Povrchová vlhkost	Kontrola sušení (zvýšit teplotu a dobu sušení). Materiál v násypce a v dávkovacím systému nahradit suchým. Kontrola skladování a manipulace s materiálem. Sušit i nenavlhavé materiály.

4.3.11.2.9 Tvorba drobných bublinek (vzduch, plynné produkty)

Závada	Příčina	Odstranění
M	Vysoká zbytková vlhkost v granulátu. Vysoký obsah vlhkosti v tavenině. Malá tepelná stabilita materiálu nebo aditiv (maziva, barviva, plniva, retardéry).	Účinnější sušení, kontrola procesu sušení (využití sušící násypky). Reklamace u výrobce.
T	Příliš vysoká T_T , v_S . Nevhodně zvolená plastikace. Nevhodně zvolená dekomprese.	Snížit T_T, v_S . Snížit p_p , n . Zmenšit dekompresi po plastikaci.
S	Mrtvé kouty a netěsnosti ve vstřikovací jednotce.	Provést kontrolu vstřikovací jednotky a závadu odstranit.
F	Nevhodná volba a umístění vtoku. Malé rozměry odvodu vzdušňovacích kanálků.	Změnit vtokovou soustavu. Zvětšit průřez odvodu vzdušňovacích kanálků.

4.3.11.2.10 Rozdíl lesku na povrchu výstřiku, rozdíly na dezénu

Závada	Příčina	Odstranění
M	Vlhký či znečištěný materiál.	Kontrola sušení. Kontrola dopravy a manipulace s materiálem.
T	Směs různých typů (různý ITT) Teplotní nehomogenita taveniny. Důsledek propadlin (v určitých místech tvarové dutiny více či méně tavenina přilne). Nerovnoměrnost T_F , nevhodná v_S , T_T a dotlaková fáze.	Zkrátit dobu prodlevy taveniny před šnekem. Odstranit příčiny vedoucí k tvorbě propadlin. Kontrola temperačního a chladicího systému formy. Zvýšit T_F , optimalizovat T_T, v_S , zvětšit objemový proud taveniny V_T a p_d . Změnit n , p_p , T_T , event. přidat vnitřní mazivo (stearát).
S	Nedokonalé dávkování (plastikace).	Provést kontrolu a závadu postupně odstranit.
F	Nedokonalý povrch (lesk, dezén), zanesený dezén, povrch tvarové dutiny znečištěný (separátor, zbytky degradace, voda, olej aj.). Malý průřez vtokové soustavy, nevhodné ústí vtoku, nedokonalé odvodu vzdušnění formy.	Změnit vtokovou soustavu a zvětšit odvodu vzdušnění.
V	Ostré změny průřezu (tloušťky stěny) vyvolávající značné změny průtoku taveniny, ostré hrany ovlivňující změnu toku.	Nastavit v_S tak, aby čelo taveniny postupovalo stejnou rychlostí (profilace rychlosti vstřiku). Odstranit konstrukční nedostatky na výstřiku.

4.3.11.2.11 Opalescence, stříbření, mikrotrhlínky, napětové trhlínky (pnutí), křehnutí

Závada	Příčina	Odstranění
M	Materiál obsahuje málo vnitřního maziva. Vlhkost materiálu. Velký podíl regenerátu (více než 50 %).	Reklamovat nebo dodatečně aditivovat stearátem Ca, Zn aj. Zvýšit T a t sušení. Snížit podíl druhotného materiálu.
T	Příliš vysoké tepelné zatížení materiálu: vysoká T_T , n , p_p , v_s	Snížit T_T , n , p_p , v_s
S	Dlouhá prodleva materiálu v tavicím válci. Příliš malý $\varnothing$ trysky.	Zmenšit $\varnothing$ šneku, přechod na menší stroj. Zvětšit $\varnothing$ trysky.
F	Poddimenzovaná vtoková soustava, zejména ústí vtoku. Špatná funkce (regulace) horkých rozvodů a trysek.	Zvětšit průřezy vtokové soustavy (ústí vtoku). Provést kontrolu regulace T u horkých rozvodů a trysek.

4.3.11.2.12 Tokové čáry, studené tokové linie

Závada	Příčina	Odstranění
M	Příliš nízký ITT pro danou tloušťku a délku toku. Vlhkost, znečištění, špatná stabilita.	Použít typy s vyšším ITT. Provést kontrolu, přezkoušet materiál, vyměnit za suchý a homogenní, event. reklamovat.
T	Příliš pomalý objemový proud taveniny (nízká T_T , T_F , v_s).	Zvýšit T_T (zejména T na předním pásmu a trysce), T_F , v_s . Upravit dotlakovou fázi, provést kontrolu BP.
S	Tepelné ztráty na trysce.	Nevolit režim s trvalým přískokem trysky.
F	Značně nerovnoměrná T_F v jednotlivých oblastech tvarové dutiny. Nevhodná volba vtokového ústí (např. široká tenká štěrbina apod.).	Provést kontrolu a rekonstrukci temperančního systému. Změnit vtokovou soustavu.

4.3.11.2.13 Kresba po volném proudu taveniny – meandrový tok

Závada	Příčina	Odstranění
M	Příliš vysokoviskózní typ materiálu (nízký ITT).	Použít tekutější typ.
T	Objemový průtok, V_T příliš vysoký (vysoká v_s , nízká T_T , vysoká T_F).	Snížit V_T , T_F , zvýšit T_T , programovat v_s .
F	Nevhodná poloha vtoku a malé vtokové ústí.	Změnit polohu a vyústění vtoku (např. proti stěně), zvětšit vtokové ústí, do formy přidat narážecí kolík.

4.3.11.2.14 Jemně rýhovaný až pórovitý povrch (vzhled gramofonové desky, pomerančové kůry)

Závada	Příčina	Odstranění
T	Příliš vysoký odpor při plnění tvarové dutin, vyvolaný nízkou T_T , T_F a V_T (resp. v_S).	Zvýšit T_T , T_F , v_S .
S	Malý mísicí (hnětací) účinek při plastikaci.	Zvětšit p_p , n .
F	Poddimezovaná vtoková soustava pro danou η . Nevhodný temperační systém.	Zvětšit vtokové kanály a ústí vtoku. Provést úpravu temperačních kanálů a zvýšit průtokovou rychlost temperační kapaliny.

4.3.11.2.15 Stopy po studené tavenině (roub), rozvrstvování (delaminace)

Závada	Příčina	Odstranění
M	Znečištěný materiál jinými nemísitelnými plasty, např. PE, PP aj.	Odstranit závadu, vyčistit plastikační jednotku, použít nový materiál.
T	Teplota trysky příliš nízká, nízká T_T , T_F .	Volit větší příkon na trysce, zvýšit T_T , T_F .
S	Průměr trysky malý. Plastikace (hnětení) nedostatečná.	Zvětšit průměr trysky. Zvětšit p_p , n .
F	Tavenina je znečištěna nadměrou separátorem.	Nepoužívat separátor.
V	Nevhodně volený tvar výstřiků (značné přechody tlouštěk, ostré hrany aj.) .	Dodržet pokyny pro správnou konstrukci tvaru výstřiků.

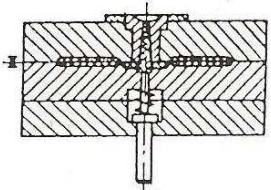
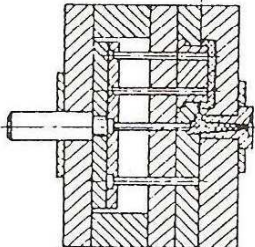
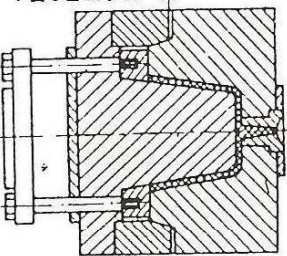
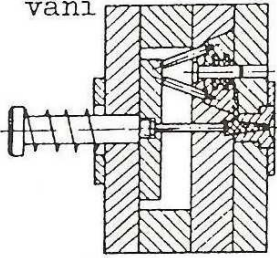
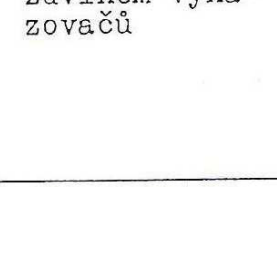
4.3.11.2.16 Stopy po vyhazovačích

Závada	Příčina	Odstranění
T	Příliš vysoká teplota vyhození výstřiku.	Prodloužit t_{och} (t_c).
F	Plocha vyhazovačů je nedostatečná, příliš dlouhé vyhazovače, nedostatečné úkosy na tvarové dutině formy.	Provést konstrukční úpravu vyhazovacího systému a zvětšit úkosy ve směru vyhazování.

Zdroj: ZEMAN, L. *Vstřikování plastů*. Praha: BEN – Technická literatura, 2009. 247 s. ISBN 978-80-7300-250-3.

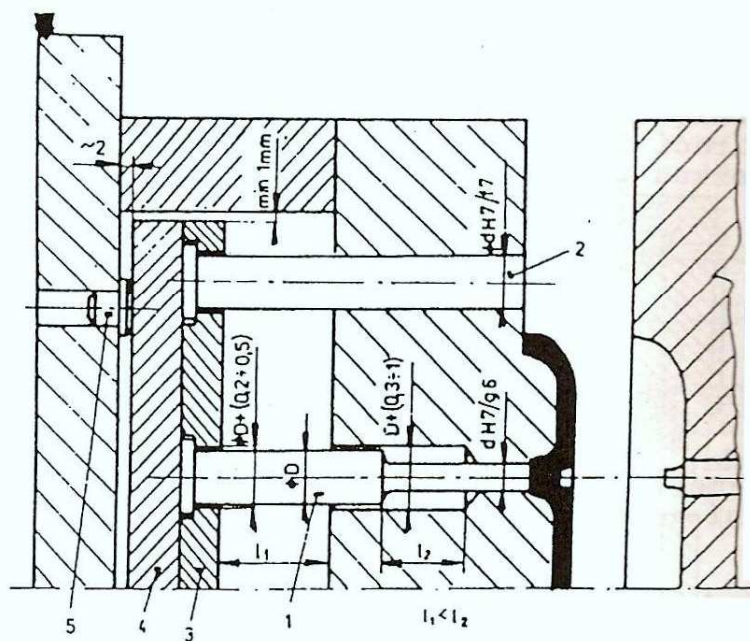
Příloha 4 – Mechanické systémy forem

Volba vyhazovacího systému

Vyhazovací systém	Způsob nasazení	Zvláštnosti
1. Bez vyhazovačů 	Pro malé a ploché výstřiky s úkosem, které visí na vtoku.	Bez vyhazovačů výstřiku, kde stačí vyhození vtoku. Vtoky musí být dostatečně tuhé.
2. Vyhazování výstřiků pomocí vyhaz. kolíků 	Nejčastěji použitý systém. Lze jej nasadit všude tam, kde je možné umístit vyhazovače proti ploše výstřiku ve směru vyhození.	Výrobně jednoduchý a funkčně zaručený. Vznikají stopy po vyhazovačích. Ovlivňují umístění temperač. kanálů.
3. Vyhazování stírací deskou, vložkou 	Pro výstřiky všech velikostí s hlubokým tvarem a slabou stěnou. Bez stop po vyhazování.	Předpoklad velkých stíracích sil.
4. Šikmé vyhazování 	Pro malé a střední výstřiky s mělkým vnějším nebo vnitřním zápichem.	Odpadá klínový mechanismus. Je možné sloučit s přímým vyhazováním.
5. S děleným zdvihem vyhazovačů 	Pro výstřiky, které je třeba vyhazovat po částech. Pro nástroje s krátkým zdvihem systému a dlouhým vyhazovacím pohybem.	Konstrukčně výhodné pro nástroje s krátkou stavební výškou.

Vyhazovací systém	Způsob nasazení	Zvláštnosti
6. Vyhazování pomocí tlakového vzduchu	Pro rotačně symetrické výstřiky se slabou stěnou a dlouhým vyhazovacím zdvihem.	Nejčastější kombinace s mechan. vyhazovači. Vyhazovací systém zkracuje vedení nástroje.
7. Hydraulické vyhazování	Pro větší výstřiky a větší vyhazovací "měkké" síly.	Možné ovládání a upevnění v kterékoliv části formy.

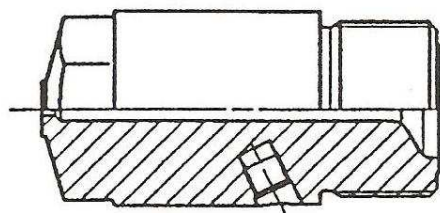
Řešení běžného vyhazovacího systému



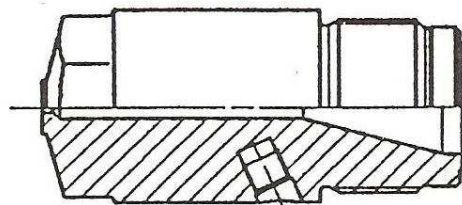
1 - vyhazovací kolík; 2 - vratný kolík; 3 - horní deska vyhazovače; 4 - spodní deska vyhazovače; 5 - narážka

Zdroj: GABRIEL, J. Školící materiály "Kurz vstřikování plastů" firmy Kompozity Brno. Brno.

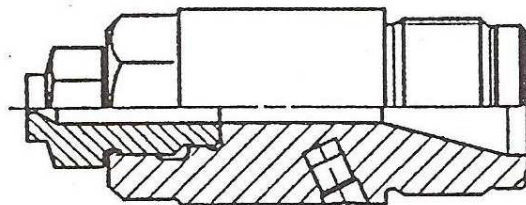
Příloha 5 – Základní typy používaných trysek



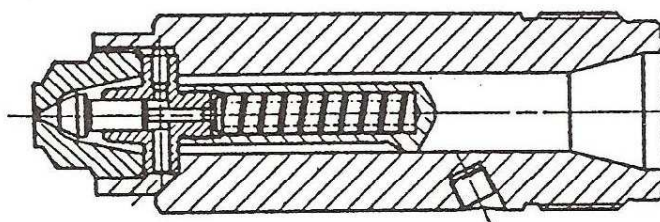
otevřená tryska pro 120 st. špičku



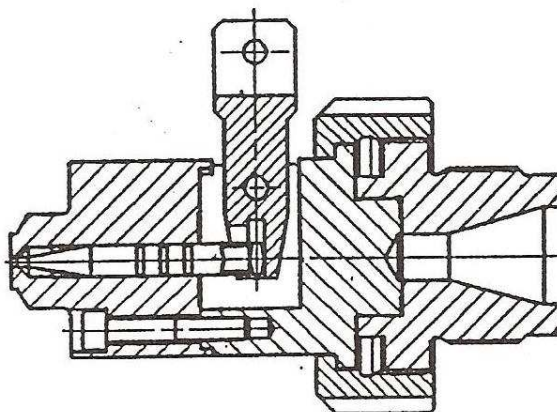
otevřená tryska pro 30 st. špičku



otevřená tryska s vnitřním závitem
pro našroubování špičky trysky



jehlová uzavírací tryska



hydraulicky ovládaná uzavírací tryska

Zdroj: GABRIEL, J. Školící materiály "Kurz vstřikování plastů" firmy Kompozity Brno.
Brno.

Příloha 6 – Materiálový list vybraného polymerního materiálu

Apec® 1703 | PC... |  [Bayer MatSc](#)

Product Texts

- UV-stabilized
- softening temperature (VST/B 120)=171 °C

Processing/Physical Characteristics	Value	Unit	Test Standard
ASTM Data			
Melt Flow Index	15	g/10min	ASTM D 1238
Density, 73°F	1.17	g/cm ³	ASTM D 792
Water Absorption, 24hr	0.2	%	ASTM D 570
Water Absorption, Equilibrium	0.4	%	ASTM D 570

Rheological properties	Value	Unit	Test Standard
CAMPUS/ISO Data			
Melt volume-flow rate	16	cm ³ /10min	ISO 1133
Temperature	330	°C	ISO 1133
Load	2.16	kg	ISO 1133

Mechanical properties	Value	Unit	Test Standard
CAMPUS/ISO Data			
Tensile Modulus	2400	MPa	ISO 527-1/-2
Yield stress	70	MPa	ISO 527-1/-2
Yield strain	6.4	%	ISO 527-1/-2
Nominal strain at break	>50	%	ISO 527-1/-2
Charpy impact strength (+23°C)	N	kJ/m ²	ISO 179/1eU
Charpy impact strength (-30°C)	N	kJ/m ²	ISO 179/1eU
Puncture - maximum force (+23°C)	5500	N	ISO 6603-2
Puncture - maximum force (-30°C)	6400	N	ISO 6603-2
Puncture energy (+23°C)	60	J	ISO 6603-2
Puncture energy (-30°C)	65	J	ISO 6603-2

Mechanical properties	Value	Unit	Test Standard
ASTM Data			
Tensile Modulus	2275.3	MPa	ASTM D 638
Tensile Strength at Yield	64.8	MPa	ASTM D 638
Elongation at Yield	7	%	ASTM D 638

Elongation at Break	50	%	ASTM D 638
---------------------	----	---	------------

Thermal properties	Value	Unit	Test Standard
CAMPUS/ISO Data			
Temp. of deflection under load (1.80 MPa)	147	°C	ISO 75-1/-2
Temp. of deflection under load (0.45 MPa)	161	°C	ISO 75-1/-2
Coeff. of linear therm. expansion (parallel)	70	E-6/K	ISO 11359-1/-2
Coeff. of linear therm. expansion (normal)	70	E-6/K	ISO 11359-1/-2
Burning Behav. at 1.5 mm nom. thickn.	HB	class	IEC 60695-11-10
Thickness tested	1.5	mm	IEC 60695-11-10
UL recognition	UL	-	-
Oxygen index	25	%	ISO 4589-1/-2

Thermal properties	Value	Unit	Test Standard
ASTM Data			
DTUL @ 66 psi	162	°C	ASTM D 648
DTUL @ 264 psi	150	°C	ASTM D 648
Vicat Temperature	170	°C	ASTM D 1525
Limiting Oxygen Index	24	%	ASTM D 2863

Optical properties	Value	Unit	Test Standard
ASTM Data			
Haze	1	%	ASTM D 1003
Light Transmittance	88	%	ASTM D 1003

Electrical properties	Value	Unit	Test Standard
CAMPUS/ISO Data			
Relative permittivity (100Hz)	3	-	IEC 60250
Relative permittivity (1 MHz)	3	-	IEC 60250
Dissipation factor (100 Hz)	7	E-4	IEC 60250
Dissipation factor (1 MHz)	80	E-4	IEC 60250
Volume resistivity	>1E13	Ohm*m	IEC 60093
Surface resistivity	>1E15	Ohm	IEC 60093
Electric strength	35	kV/mm	IEC 60243-1
Comparative tracking index	275	-	IEC 60112

Electrical properties	Value	Unit	Test Standard
ASTM Data			
Dielectric Strength, Short Time	15.7	kV/mm	ASTM D 149
Dissipation Factor (60 Hz)	0.01	-	ASTM D 150
Dissipation Factor (1 MHz)	0.001	-	ASTM D 150

Dielectric Constant (60 Hz)	2.9	-	ASTM D 150
Dielectric Constant (1 MHz)	2.9	-	ASTM D 150
Surface Resistivity	1E16	Ohm per square	ASTM D 257
Volume Resistivity	1E16	Ohm*cm	ASTM D 257

Other properties	Value	Unit	Test Standard
------------------	-------	------	---------------

CAMPUS/ISO Data

Water absorption	0.3	%	Sim. to ISO 62
Humidity absorption	0.12	%	Sim. to ISO 62
Density	1170	kg/m ³	ISO 1183

Rheological calculation properties	Value	Unit	Test Standard
------------------------------------	-------	------	---------------

CAMPUS/ISO Data

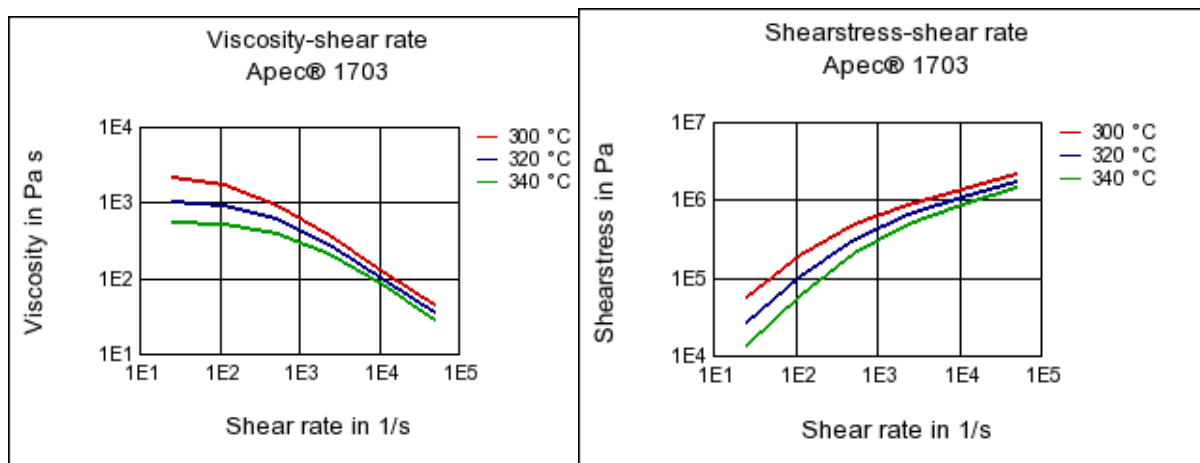
Density of melt	995	kg/m ³	-
Thermal conductivity of melt	0.169	W/(m K)	-
Spec. heat capacity melt	1700	J/(kg K)	-
Eff. thermal diffusivity	1E-7	m ² /s	-
Ejection temperature	152	°C	-

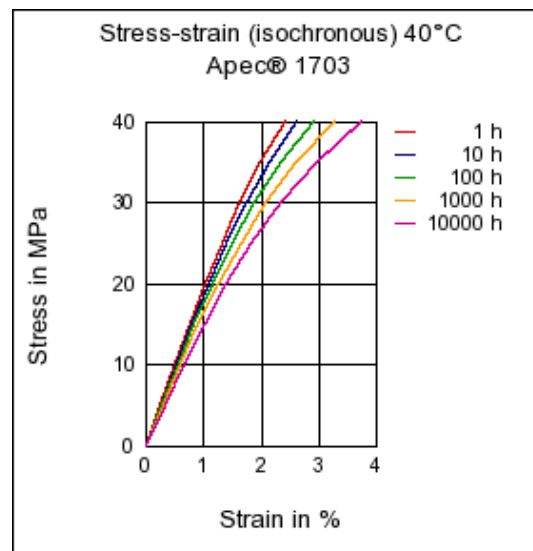
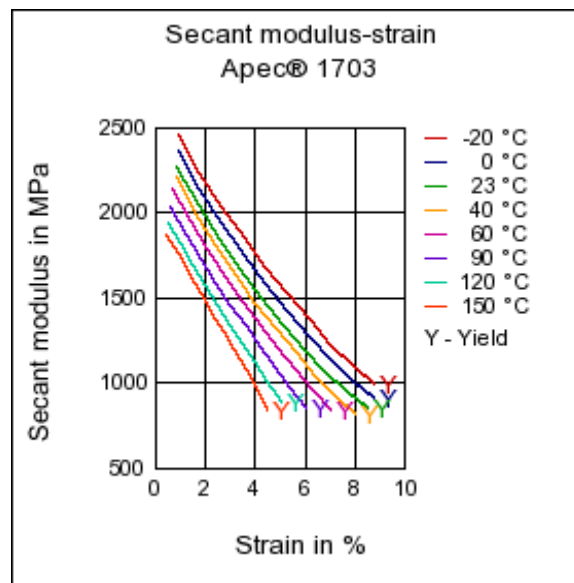
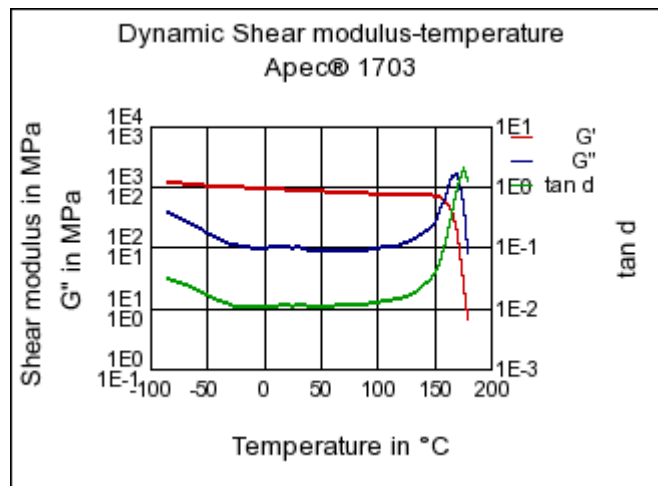
Test specimen production	Value	Unit	Test Standard
--------------------------	-------	------	---------------

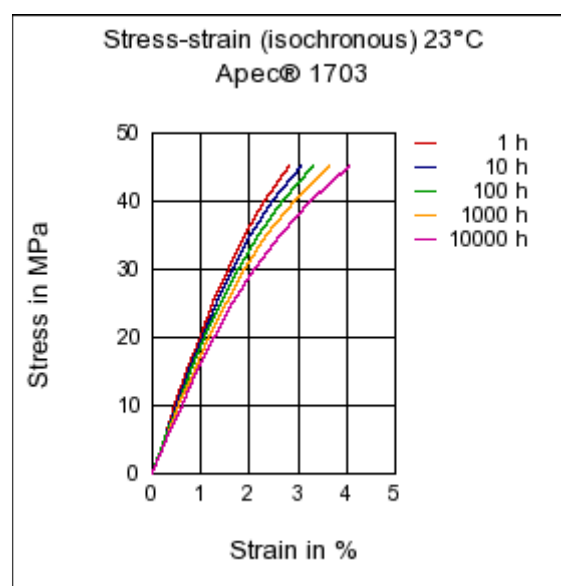
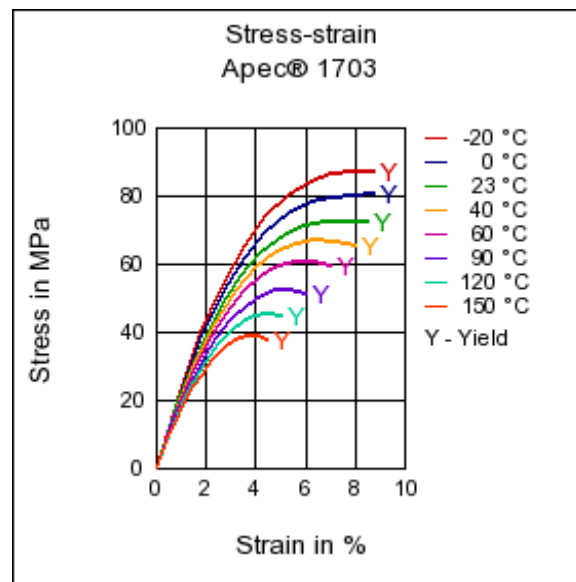
CAMPUS/ISO Data

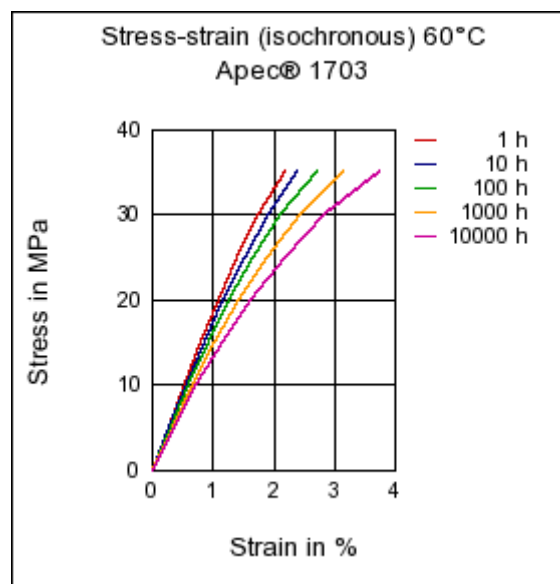
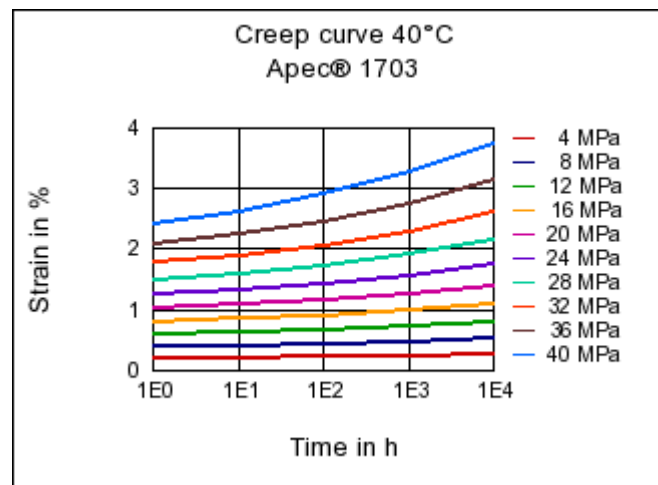
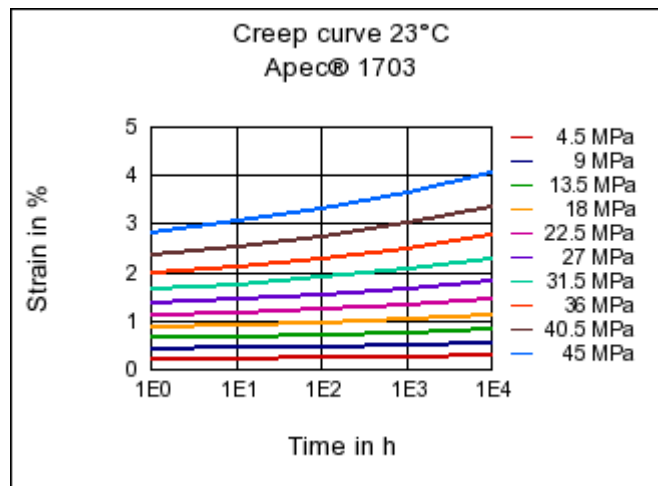
Injection Molding, melt temperature	330	°C	ISO 294
mold temperature	100	°C	ISO 10724
injection velocity	200	mm/s	ISO 294

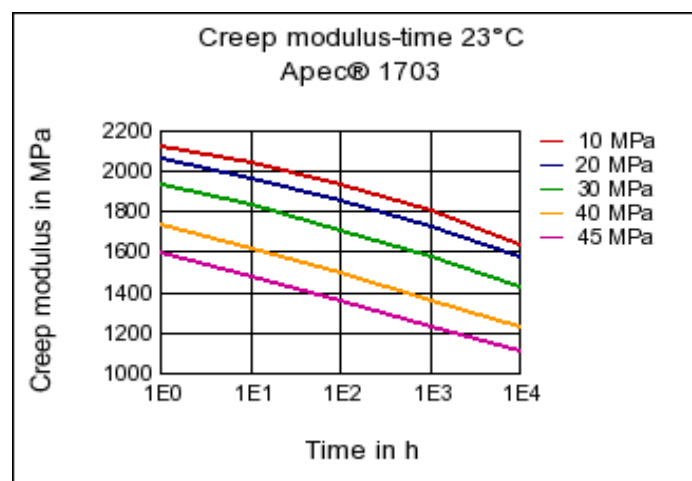
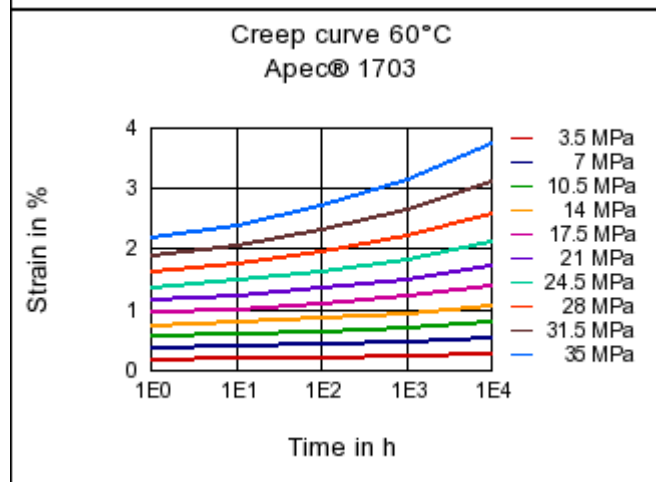
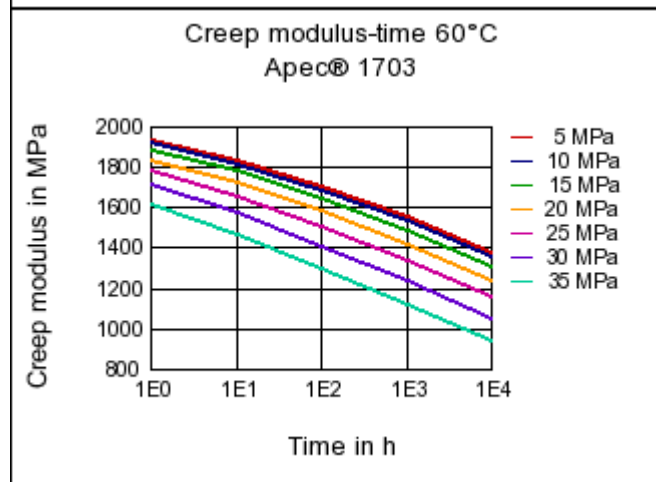
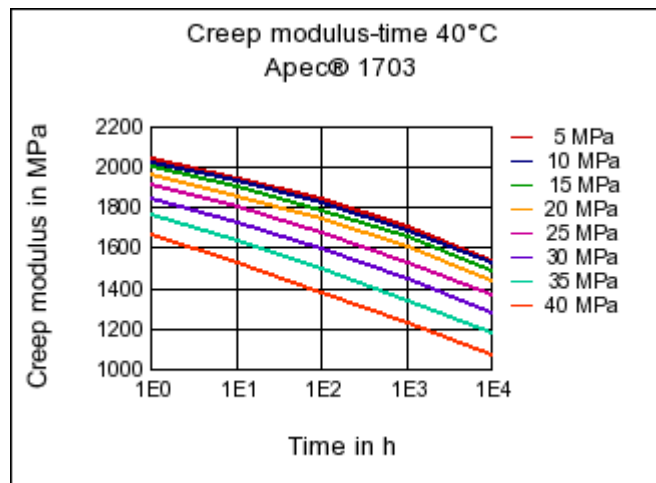
Multi-point data

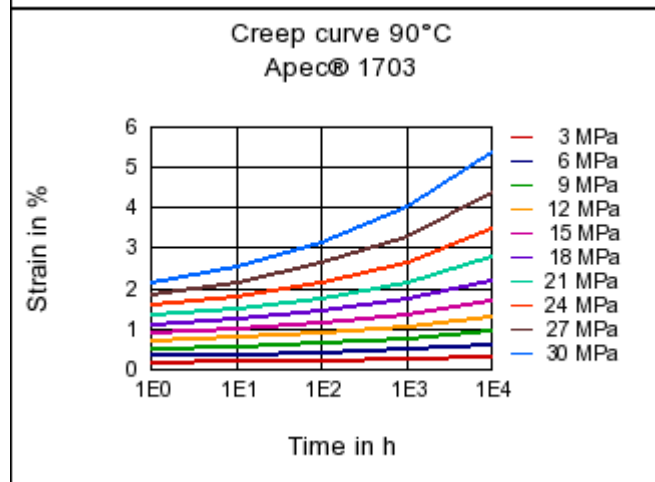
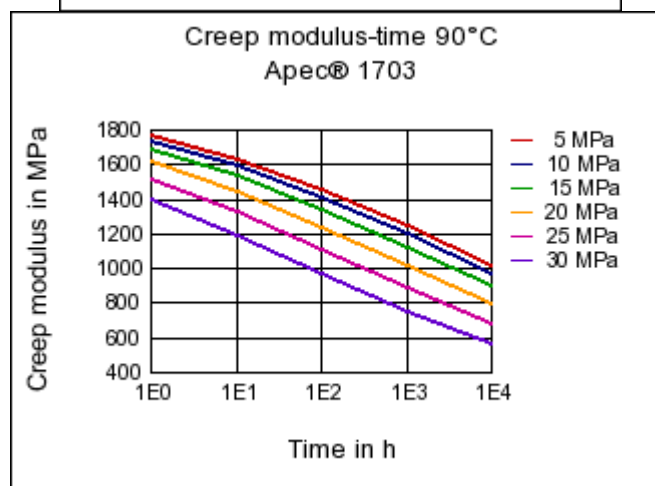
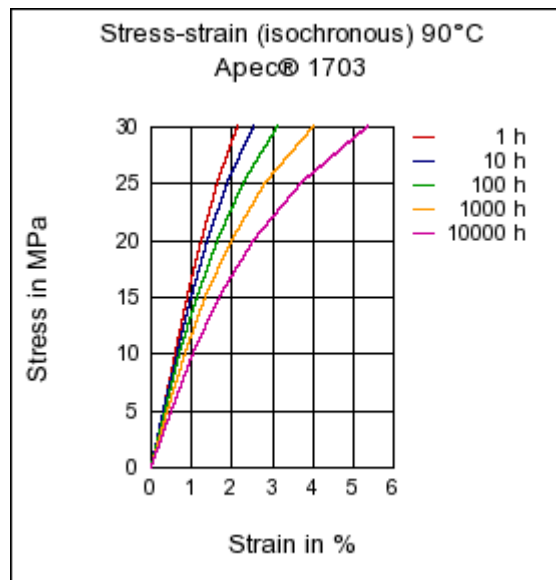


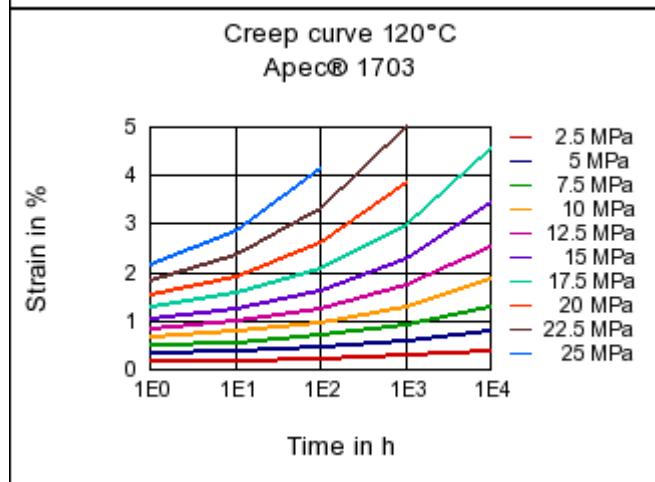
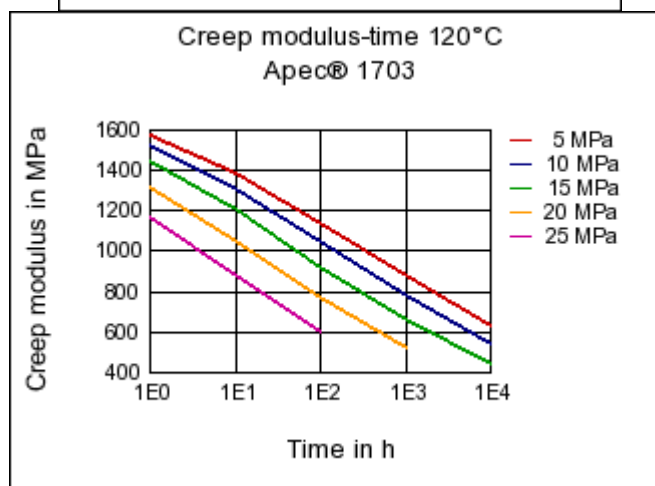
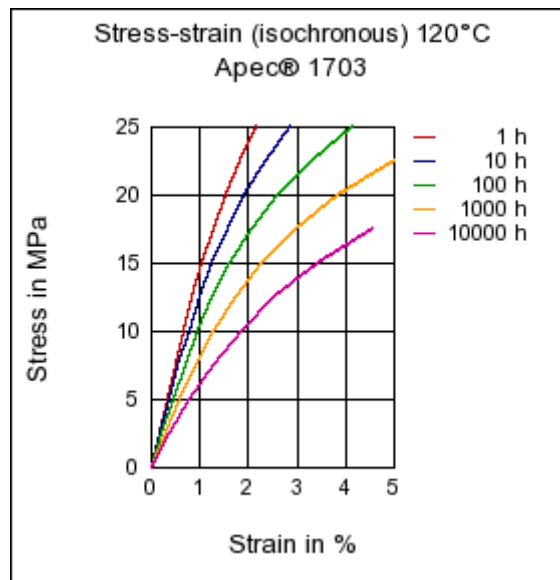




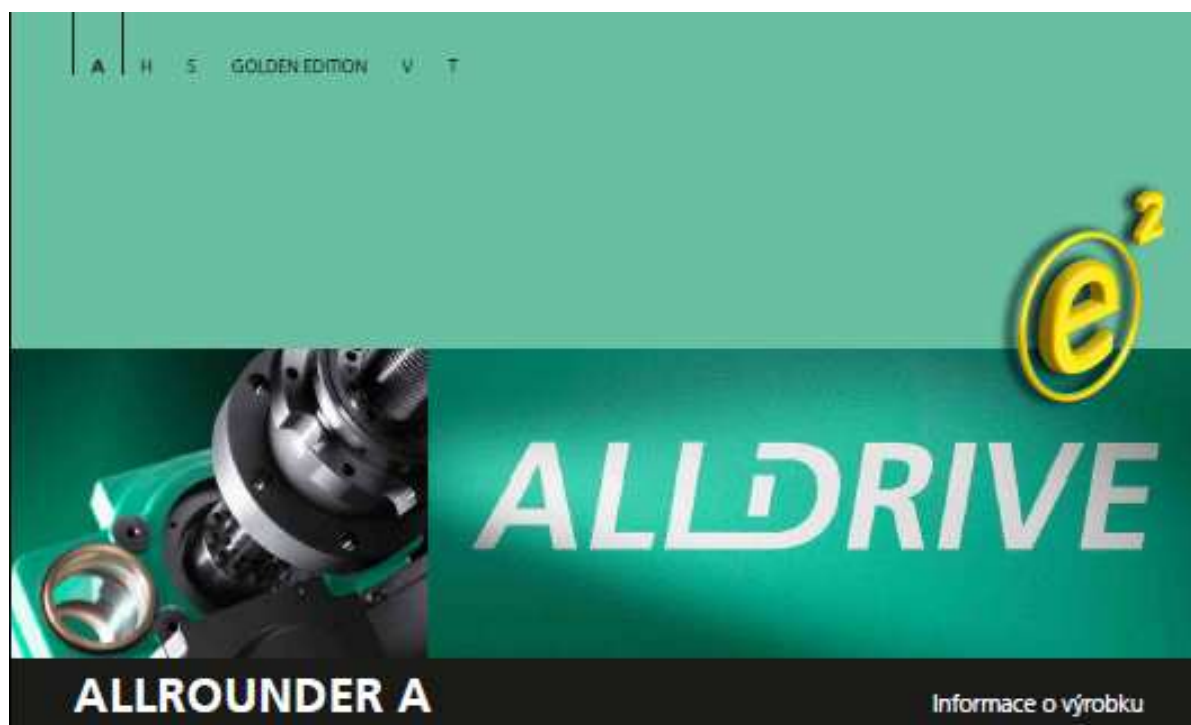








Zdroj: CAMPUS PLASTICS. [online]. [cit. 29. března 2010]. Dostupné na Word Wide Web: <<http://webview.materialdatacenter.com/mb/index.php#loadPage3>>.

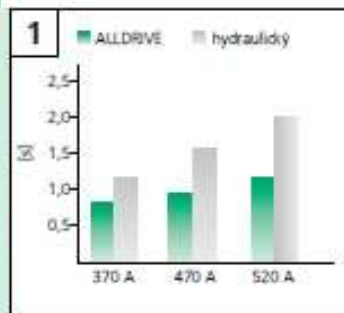


Elektrické vstřikovací stroje
pro vstřikování vysoce přesných
finálních výrobků

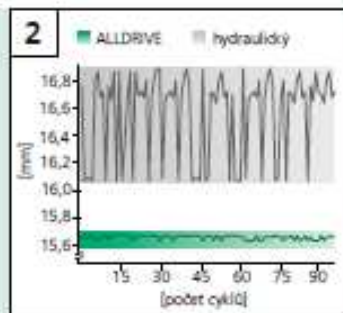
ARBURG

www.arburg.com

Přehled řešení



Rychlost: Kratší doby chodu naprázdno.

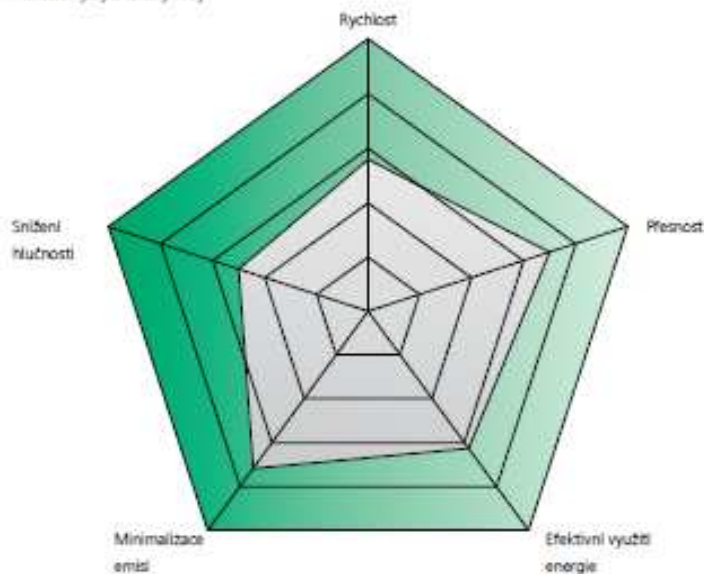


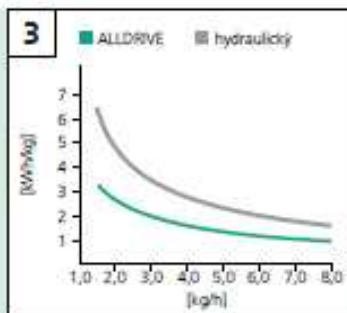
Vysoká přesnost: Vysoká přesnost polohování je uvedena na příkladu zdvihu vyhazovače.

Společnost ARBURG neustále stanovuje měřítko celému odvětví v podobě vstříkovací techniky ALLROUNDER. Příkladem toho jsou i elektrické stroje ALLROUNDER A. Při vývoji těchto strojů jsme vycházeli z nejmodernějších technických poznatků. Výběr jednotlivých komponent, především v oblasti pohonů, jako např. vřeten, motorů a jejich řídicích jednotek, byl proveden na základě nejprísnejších kritérií funkce a kvality. Servoelektrické pohony využívají velmi účinně energii. Proto jsou všechny stroje řady ALLROUNDER A označeny známkou energetické úspornosti ARBURG „e²“. Důležitým charakteristickým znakem strojů ALLDRIVE je jejich hospodárnost. Tyto stroje dosahují optimální účinnosti zejména v oblastech, které vyžadují vysokou výrobní kapacitu, jako např. v lékařské a obalové technice či v potravinářském nebo automobilovém průmyslu.

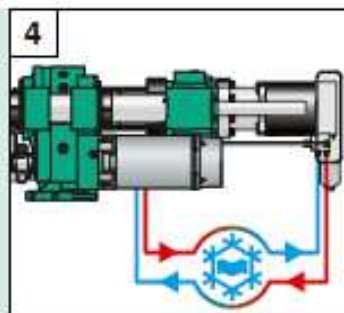
Výkonnostní charakteristika

■ ALLROUNDER A
■ srovnatelný hydraulický stroj

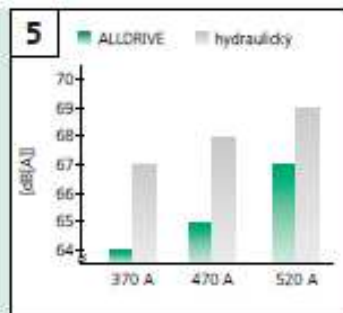




Efektivní využití energie: nižší specifická spotřeba energie.



Minimalizace emisí: provoz bez víření vzduchu díky kapalinou chlazeným motorům.



Minimalizace hlučnosti: nízká hladina hluku.

1 Rychlost

Hlavní osy vstřikování, dávkování i otevírání a zavírání formy jsou u strojů ALLROUNDER A standardně poháněny servoelektricky. Díky tomu pracují osy nezávisle na sobě. Vysokým zrychlením a současně vysokými mezními rychlostmi souběžných pojezdových pohybů se dosahuje podstatného zkrácení dob cyklu a tedy i vyšší hospodárnosti výroby.

2 Přesnost

Elektrické stroje řady ALLROUNDER A umožňují řešení úkolů zejména v oblasti vstřikování precizních výrobků s požadavky na trvale vysokou kvalitu. Přesná, bez vůle ložená planetová pohybová zátvorka vřetena zajišťují mechanicky tuhé osy pohonu. Bezdotykové, přesné měření polohy se systémem měření absolutní dráhy je umístěno přímo na motoru. Použitím snímačů s měřením absolutní dráhy již není nutné najíždění referenční polohy. Mimořádná přesnost polohování všech elektricky poháněných os umožňuje dosáhnout maximální reprodu-

kovatelnosti a kvality dílů. Vysoká spolehlivost strojů s minimálními rozptyly v procesu je dosažena velkým počtem technických detailů, jako je například adaptabilní tepelná regulace nebo uzavřený chladicí okruh pro motory a měniče. To umožňuje například dosažení dlouhých fází došlaku.

3 Efektivní využití energie

Vysoký stupeň účinnosti servoelektrických pohonů a uzavírací jednotka s kloubovým mechanismem zajišťují provoz strojů řady ALLROUNDER A s efektivním využitím energie. Využitím rekuperační energie, získané při brzdění servomotorů, dochází k další optimalizaci celkové spotřeby energie strojů. Výsledkem součinnosti těchto faktorů je snížení spotřeby energie o 25 až 50 procent. Všechny stroje typu ALLDRIVE jsou označeny symbolem provozu s optimalizovanou spotřebou energie ARBURG „e2“.

4 Minimalizace emisí

Uzavřené pohony a systémy převodů zabráňují přístupu prachu, který vzniká opotřebení částí pohonu. Použití kapalinou chlazených motorů zabraňuje nežádoucímu víření vzduchu. Cíleným odvodem tepla je rovněž minimalizováno jeho šíření do okolí. Odváděné teplo lze současně dále využít k rekuperaci energie. Stroje ALLROUNDER A jsou díky tomu vhodné pro výrobu v čistých prostorách, například pro výrobu optických, dekorativních nebo přesných součástek a součástek s mikrostrukturou.

5 Minimalizace hlučnosti

Servoelektrické pohony s vysoce přesnými a tichými planetovými převody výrazně snižují hladinu hlučnosti. Kapalinou chlazené motory strojů ALLROUNDER A pracují s podstatně menší hlučností než běžné, vzduchem chlazené motory.

Modulární koncepce stroje

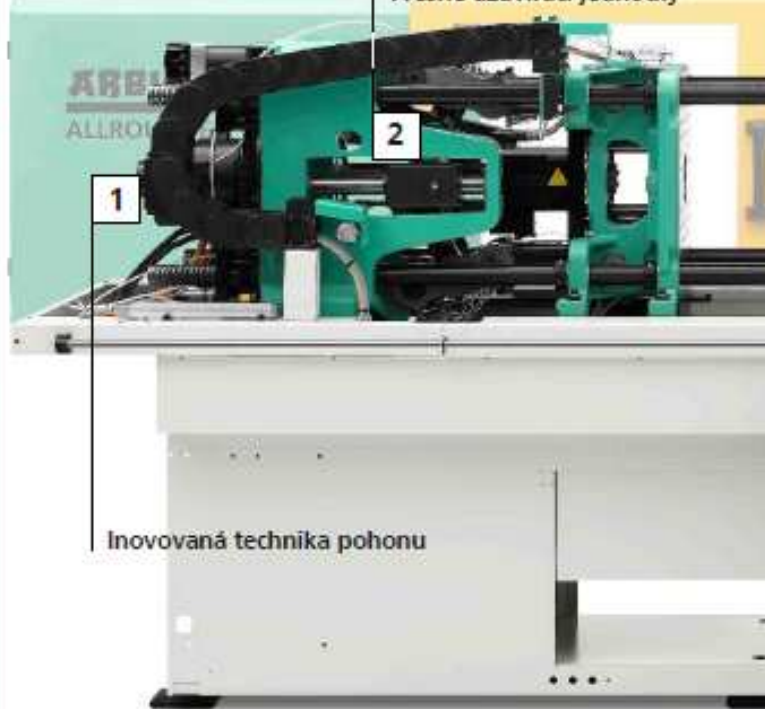
Vzdálenost vodících sloupů						Uzavírací síla		Vstříkovací jednotka											
210	270	340	470	570	770			70	170	400	800	1300							
						350		18	22	25	25	30	35	35	40	45	45	50	55
						500		18	22	25	25	30	35	35	40	45	45	50	55
						600		18	22	25	25	30	35	35	40	45	45	50	55
						800		18	22	25	25	30	35	35	40	45	45	50	55
						1000		18	22	25	25	30	35	35	40	45	45	50	55
						1300		18	22	25	25	30	35	35	40	45	45	50	55
						1500		18	22	25	25	30	35	35	40	45	45	50	55
						1600		18	22	25	25	30	35	35	40	45	45	50	55
						2000		18	22	25	25	30	35	35	40	45	45	50	55
						3200		18	22	25	25	30	35	35	40	45	45	50	55

Stroje řady ALLDRIVE jsou koncipovány s orientací současně na výkon a efektivitu: Systémové komponenty, jako jsou uzavírací a vstříkovací jednotky, plastikační válce a inteligentní ovládací panel řídicí jednotky stroje SELOGICA, lze díky modulárnímu systému kombinovat. Tím je možné z hlediska výkonnosti a hospodárnosti dosáhnout pro každou aplikaci nejoptimálnější řešení stroje. Tato flexibilita umožňuje výrobu vysoce přesných špičkových výrobků s využitím nejmodernějšího řešení výroby za bezkonkurenční výrobní náklady. Čím náročnější jsou výrobní požadavky, tím zajímavější je velkosériová výroba se stroji ALLROUNDER A. Strojní technika zůstává vysoce kompatibilní s konstrukčními řadami: řídicí jednotka SELOGICA, rozměry pro upínání forem, rychlospojka vyhazovače a válcové moduly jsou identické pro všechny stroje řady ALLROUNDER.

1 Inovovaná technika pohonu

Servoelektrické pohony na hlavních osách zajišťují dosažení vysoce přesných, rychlých a energeticky úsporných pojezdů s přenosem síly bez vůle použitím instalovaných planetových válečkových nebo redukčních převodů. Vedlejší osy, jako je vyhazovač, pojezd trysky nebo táhač jader, mohou být alternativně poháněny hydraulicky použitím integrované nízkobjemové hydrauliky.

Přesné uzavírací jednotky



Inovovaná technika pohonu

2

Přesné uzavírací jednotky

Uzavírací jednotka řady ALLROUNDER A je dimenzována tak, aby bylo možné použít bez dalších přestaveb formy jiných řad strojů ALLROUNDER. Zdvojený pětibodový kloubový mechanismus uzavírací jednotky pracuje vysokou silou a rychlostí a zajišťuje přesné polohování a reprodukovatelnost výsledků.

3

Vstřikovací jednotky s přesnou reprodukovatelností dosažených výsledků

Vstřikovací jednotky jsou vybaveny vzájemně nezávislými pohony pro vstřikování a dávkování. Moduly válců jsou kompatibilní se všemi konstrukčními řadami a jsou k dispozici v několika velikostech a třídách opotřebení. K dostání jsou dále speciální moduly, například pro zpracování reaktoplástů nebo silikonu.

4

Intelligentní řízení

Řídicí systém strojů SELOGICA umožňuje použití stejného obslužného rozhraní pro různé konstrukční řady. 15palcová dotyková obrazovka přehledně zobrazuje všechna důležitá data. Přehledné programování pracovního cyklu stroje prostřednictvím grafických symbolů umožňuje dosažení krátkých časů při seřizování. Přímá kontrola správnosti všech zadávaných dat současně zajišťuje vysoký komfort a bezpečnost obsluhy.



03/2010 · www.allburg.com

5

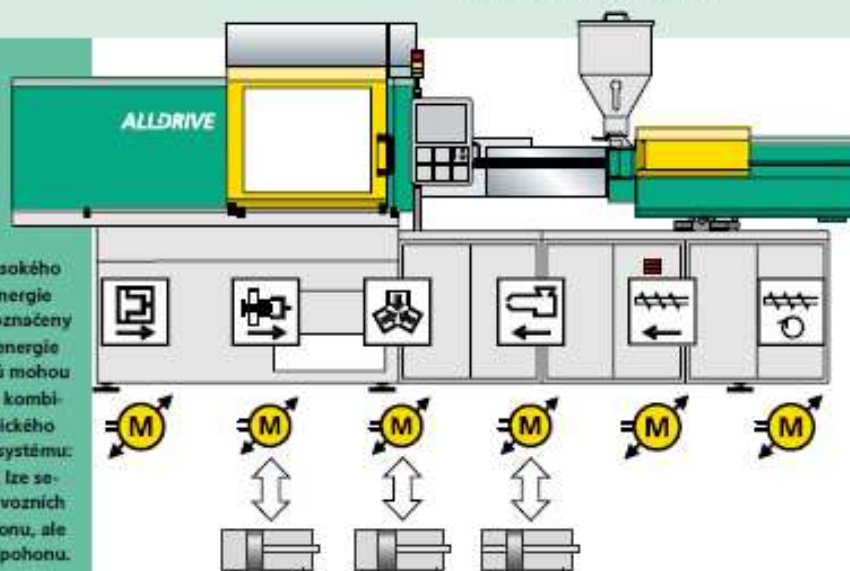
Inovovaná technika pohonu

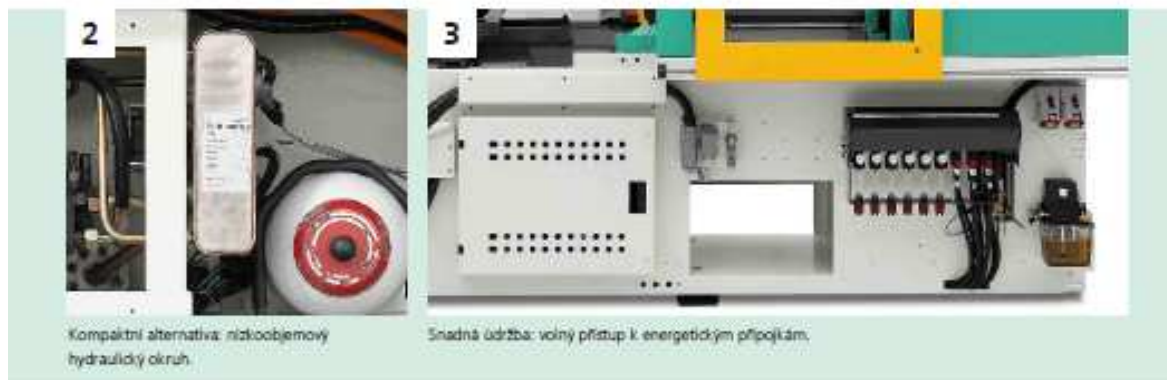
ALLDRIVE



Extremní přesnost: přenos síly bez vůle.

Řada ALLROUNDER A zahrnuje elektrické stroje značky ARBURG. Všechny osy pohonů jsou poháněny zásadně servoelektricky, pracují nezávisle, optimalizují spotřebu el. energie a mají velmi úsporný provoz. Na základě vysokého výsledného potenciálu úspor energie jsou všechny stroje ALLDRIVE označeny symbolem efektivního využití energie ARBURG „e²“. Podle požadavků mohou být také vedlejší osy vybaveny kombinací elektrického nebo hydraulického pohonu. Velká výhoda tohoto systému: Všechny stroje ALLROUNDER A lze sestavit přesně podle daných provozních podmínek nejen co se týče výkonu, ale také z hlediska charakteristiky pohonu. Tato modulární konstrukce umožňuje využití elektrické přesnosti a hydraulické síly podle potřeby výroby.





Kompaktní alternativa: nízkoobjemový hydraulický okruh.

Snadná údržba: volný přístup k energetickým přípojkám.

1 Servoelektrické pohony

Charakteristickým znakem servoelektrických pohonů jsou souběžně, vysoce přesné a energeticky úsporné pohony, realizované přenosem sil bez vůle s využitím přímých planetových válečkových nebo redukčních převodů. Vysoké točivé momenty a otáčky umožňují okamžité zrychlení s vysokými mezními rychlostmi. To umožňuje také uzavřený systém chlazení motorů a měničů. Stroje ALLROUNDER A se tak vyznačují vysokou dynamikou, výkonností a extrémní přesností. Po spuštění jsou rychle připraveny k použití. Přispívá k tomu systém měření absolutních hodnot servomotorů. Díky němu je zbytečný posun do referenčních pozic.

2 Integrovaný nízkoobjemový hydraulický okruh

Zatímco jsou hlavní osy vstřikování, dávkování, otevírání a zavírání formy vždy poháněny servoelektricky, můžete pro vedlejší osy vyhazovače, pojezdu trysky, tahače jader nebo trysky s jehlovým uzavěrem použít díky integrovanému nízkoobjemovému hydraulickému okruhu alternativně také hydraulický pohon. Stávající technické řešení formy s hydraulickými funkcemi můžete používat i nadále. Předností obou koncepcí pohonu lze podle daných provozních podmínek výhodně využít a kombinovat pro dosažení nejoptimálnějšího poměru ceny a užité hodnoty.

3 Technika s nenáročnou údržbou

Technika servoelektrických pohonů je robustní, má dlouhou životnost a nízkou míru opotřebení. Díky použití kapalinou chlazených servomotorů a planetových válečkových převodů s vysokou nosností je dosaženo kompaktní konstrukce. Automatické centrální mazání uzavírací jednotky a uzavřené mazání vstřikovací jednotky minimalizují náročnost údržby. Energetické přípojky a všechna rozhraní jsou umístěna na zadní straně stroje, kde jsou volně přístupné. Další vliv na zkrácení doby potřebné k seřízení stroje má také automatické přestavování výšky formy a dobrý přístup do prostoru formy, vyhazovače a trysky. Použitím této techniky je možné dosáhnout dlouhodobě bezporuchového chodu stroje.

Přesné uzavírací jednotky

1



V souladu s praxí: Automatická regulace síly uzavírání.

Automatická regulace síly uzavírání

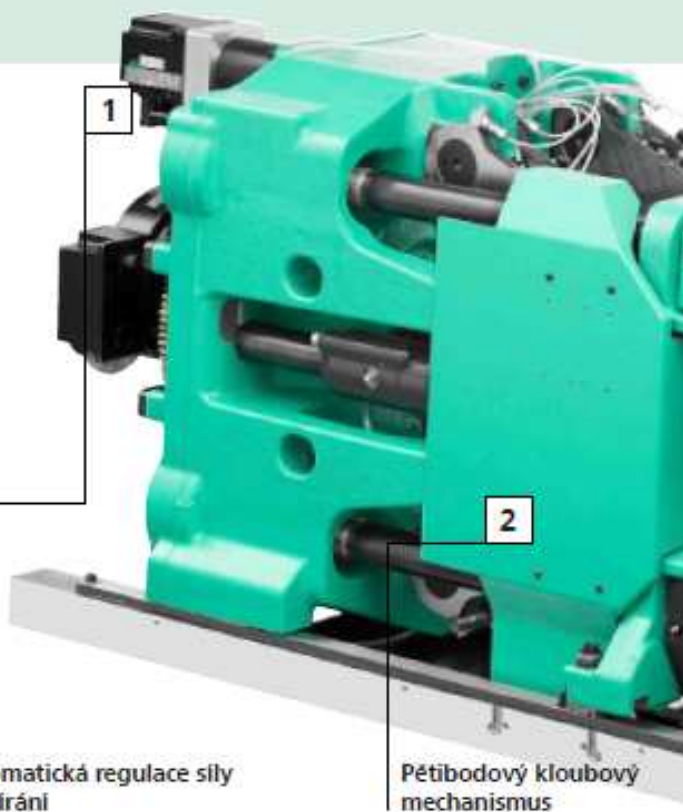
Výškové nastavení formy napomáhá obsluze stroje snižovat doby pro seřazení formy. Uzavírací jednotka je lehce nastavitelná na různé montážní výšky formy. Automatická regulace uzavírací síly udržuje uzavírací sílu formy neustále na konstantní úrovni. Tím je zajištěno úplné vyrovnání tepelné dilatace formy.

2

Pětibodový kloubový mechanismus

Předností dvojitého pětibodového kloubového mechanismu je stabilní konstrukce s několikanásobným vedením a podpěrami. Modulární konstrukce pohyblivé upínací desky má dlouhé vedení a je po celé dráze zdvihu podepřena rámem stroje. To zajišťuje společně s čtyřsloupovým vedením vysokou přesnost a zcela symetrické rozložení sil při pohybu. Vysoká stabilita celé uzavírací jed-

Kloubový mechanismus uzavírací jednotky stroje ALLROUNDER A pracuje velmi přesně a efektivně. Kromě toho se stroje ALLROUND VYVYZNAJÍ z hlediska spotřeby energie velmi úsporným chodem. Kinematika dvojitého pětibodového kloubového mechanismu je dimenzována na servoelektrický pohon a kompaktním konstrukčním provedením umožňuje vysoký zdvih otevírání. Mimořádně krátké doby chodu naprázdno a souběžné pohyby uzavírací jednotky a vyhazovače vytváří potenciál pro výrazné snížení dob cyklů. Rychlospojka vyhazovače, která je společná pro různé konstrukční řady, vám umožní v plném rozsahu upnout formy používané na jiných strojích ALLROUNDER.



Automatická regulace síly uzavírání

Pětibodový kloubový mechanismus

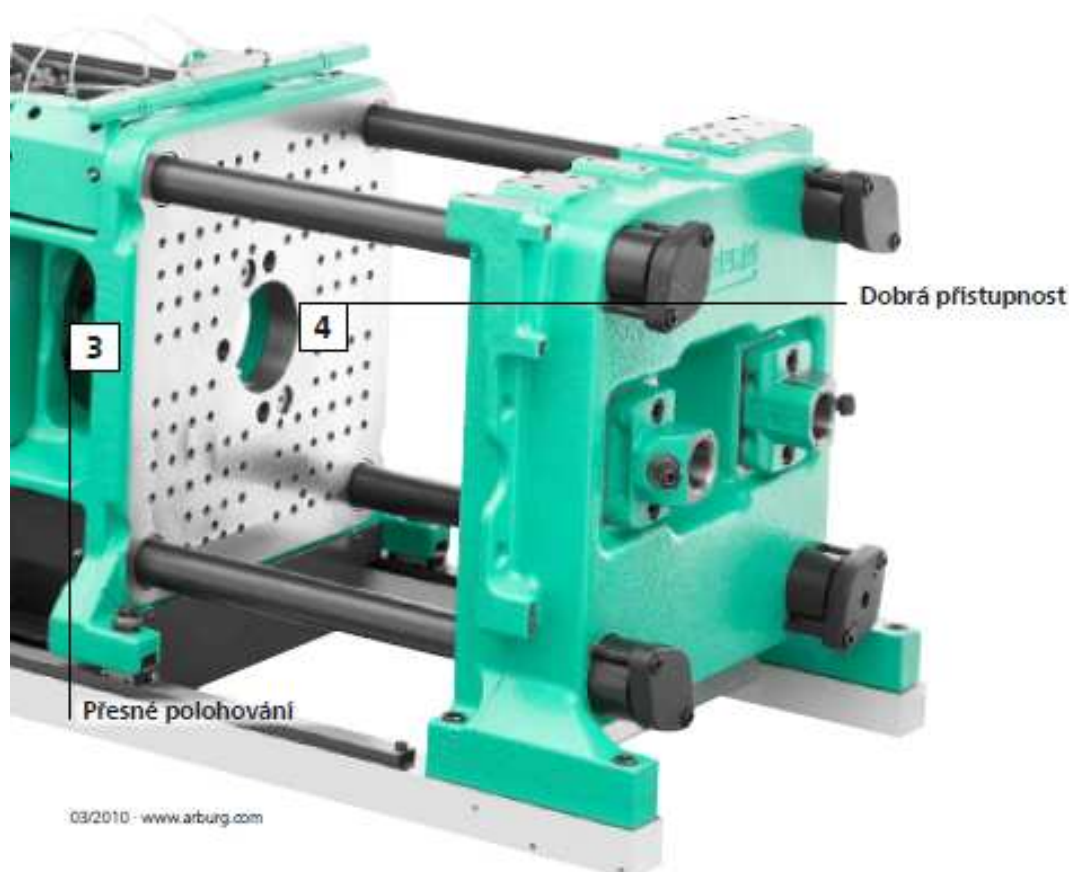
notky společně s aktivní ochranou formy a citlivým systémem měření dilatace sloupů umožňují dosažení optimální životnosti formy.

3 Přesné polohování

Přesné najždění jednotlivých pozic usnadňuje manipulátoru přebírání dílů. Tuhý, vtečenem poháněný systém vyhazovačů snižuje riziko nekontrolovaného vypadnutí hotových výlisků při vyhazování z formy. Tím lze zajistit mimořádně přesný a reprodukovatelný postup snímání výlisků.

4 Dobrá přístupnost

Velkoryse dimenzované vzdálenosti sloupů umožňují snadnou manipulaci i s prostorněji formami. Výměna forem je díky shora otevřenému krytu a díky použití rychlospojky vyhazovače pohodlná a rychlá. Ochranný, směrem k zadní straně zvětlšený kryt stroje nabízí velký volný prostor pro instalaci přídavních zařízení, jako jsou například otočné a šroubovací jednotky.



Vstřikovací jednotky s přesnou reprodukovatelností



Uživatelský komfort: Snadná výměna šneku díky vyklápěcí vstřikovací jednotce.

1 Široké možnosti kombinací

Ke každé vstřikovací jednotce nabízíme válcové moduly, kompatibilní se všemi konstrukčními řadami, vybavené třemi různými průměry šneků. K dispozici jsou válcové moduly pro zpracování reaktoplastů a silikonu, bimetalové válce s vysokou odolností proti opotřebení a šneky se zvláštní geometrií.

2 Krátké doby přestavování stroje

Za účelem snadné a rychlé demontáže a čistění šneku a při výměně modulů válců se vstřikovací jednotka vyklápí na stranu obsluhy. Vyjmutí šneku je možné bez demontáže celého modulu plastického válce. Přestavbu stroje je možno provádět prostřednictvím rychlospojky šneku a centrálního připojení všech jednotek zajišťujících napájení modulu válce. Tento postup je rychlý a zabezpečený proti záměně.

Základem kvalitní výroby dílů na strojích ALLROUNDER A je homogenní příprava materiálu a přesné vstřikování. Přesné axiální vedení mezi šnekem a spojkou šneku umožňuje při vstřikování a dávkování přesnou regulaci zdvihu. K podstatnému snížení doby cyklu dochází v mnoha případech dávkováním a současným pojezdem trysky. Navíc je zde potenciál úspory energie, především v oblasti optimalizovaného servo-elektrického pohonu dávkování. Prostor oblasti trysky je velmi dobře přístupný pro výměnu válce, čištění šneku a montážní práce.

Široké možnosti kombinací



Krátké doby přestavování stroje

stí dosažených výsledků

3 Přesné vedení přítlaču trysky

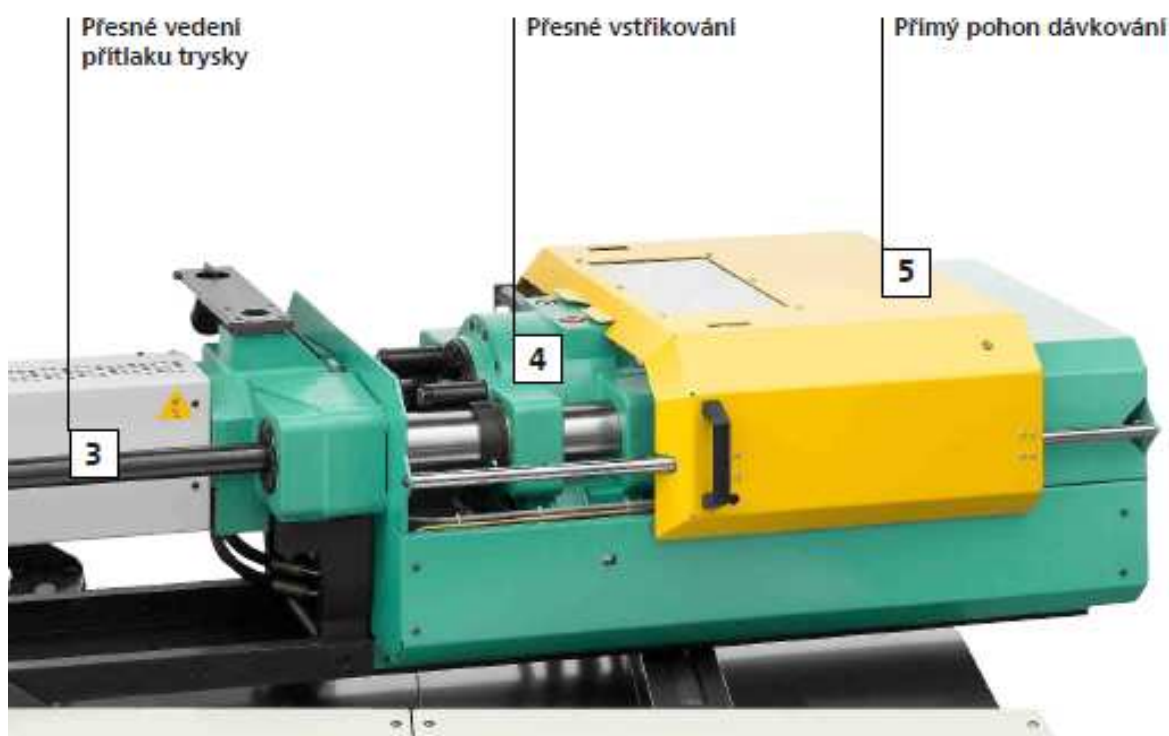
Výhodou dvousloupového vedení vstřikovací jednotky bez přidavných momentů je dokonale těsná přítlačná plocha trysky. Bez problémů lze používat ploché i ponorné trysky. Vystředěný náběh do formy pak umožňuje snadné dosažení vysokých přítlačných sil trysky. Průběh přítlačné síly trysky je programovatelný a regulovaný. To má příznivý vliv na opotřebení trysky i formy.

4 Přesné vstřikování

Reprodukovatelnost procesu plnění formy a vysoká kvalita vstřikování je zaručena kombinací několika faktorů: servoelektrické vstřikování s regulací síly a polohy, přesné měření všech aktuálních tlaků snímači, umístěnými v blízkosti os, a dynamické zrychlení s výhodami především pro tenkostěnné součásti. Kapalinou chlazené motory umožňují dosažení rychlých cyklů a dlouhých řad dotlaku.

5 Přímý pohon dávkování

Pohony vstřikování a dávkování pracují nezávisle na sobě. Kromě regulace dob cyklů je možná také regulace zpětného tlaku. Současné dávkování dovoluje navíc dosažení delších časů dávkování, a tím i šetrnější zpracování taveniny. Vysoká celková účinnost servoelektrických pohonů vede k výraznému zvýšení úspor energie při současném zvýšení přesnosti.



Intelligentní řízení



Uživatelský komfort: Společný přehled pracovních procesů manipulatorů a strojů.

Pro bezpečné a současně přehledné ovládání technicky náročného strojního zařízení je nezbytná výkonná řídicí centrála. Průběh procesů lze přehledně programovat prostřednictvím intuitivního grafického řízení SELOGICA. Řídicí jednotka SELOGICA funguje jako centrální systém pro nastavování a kontrolu celého vstřikovacího procesu a zahrnuje také programování integrovaných robotických systémů a periferních zařízení. Všechny technické vlastnosti systému SELOGICA jsou uzpůsobeny tak, aby proces obsluhy bylo možno realizovat rychle, bezpečně a pohodlně. Tímto můžete vykonat rozsáhlou přestavbu stroje v krátkém čase. Vstup dat je prováděn průběžně a náročnost zaškolení je nízká, jelikož systém obsluhy je shodný.

Další informace:

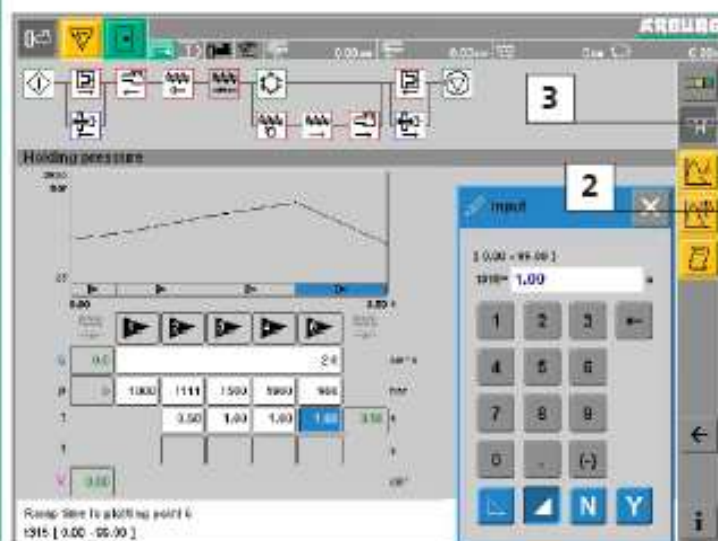
Informace o výrobku SELOGICA

1 Centrální řízení

Systém SELOGICA díky unikátnímu standardizovanému operačnímu konceptu šetří nejen čas ale i náklady. Snadnou integraci různých periférií se dá řídicí jednotka využít i k řízení procesů kompletních výrobních jednotek. Správa seřizovacích dat je jednodušší než kdy dříve. Pro kompletní výrobní jednotku existuje jediný datový soubor.

2 Intuitivní ovládání

15palcový dotykový displej systému SELOGICA umožňuje bezprostřední, rychlý a přehledný přístup ke všem údajům. Grafický komunikační systém ovládání s jedinečným editorem procesů je intuitivně srozumitelný. Patentovaná přímá kontrola správnosti je aktivní již během programování, což vylučuje chybné úkony obsluhy. Díky tomu již nepotřebujete zvláštní znalosti v oboru programování.



Highlights

3

Kratší časy nastavení

Vstupní logika systému SELOGICA se principiálně zaměřuje jak na průběh výměny forem, tak na optimalizaci procesu vstřikování. Také komplexní procesy jsou díky ní srozumitelnější a přehlednější. Dialog mezi člověkem a strojem funguje právě tak pohodlně díky programování všech robotických systémů ARBURG prostřednictvím funkce Teach-in.

4

Spolehlivá optimalizace

Systém SELOGICA nabízí velké množství možností optimalizace, dohledu a dokumentace procesu. Pod souhrnným názvem kontrola stroje se ukrývají nespočetné ochranné, diagnostické a podpůrné funkce nebo stav údržby. Všechny zprávy se zobrazují na obrazovce přehledně, takže obsluha vždy přesně ví, které akce se mají provést.

- Centrální řízení pro kompletní technologii vstřikování
- Přehledné programování procesů pomocí grafických symbolů
- Přímá kontrola správnosti
- Společný datový soubor pro kompletní výrobní jednotku
- Interaktivní programování Teach-in robotických systémů
- Vodou chlazená rozvodná skřín pro konstantní řízení teploty

Kratší časy nastavení

Intuitivní ovládání

Spolehlivá optimalizace

Centrální řízení



03/2010 - www.arburg.com

13

Široké spektrum použití

1



HighTech obory: elektrický stroj ALLROUNDER A pro vysoce přesné výsledky.

2



Přesné vstřikování: vysoká reprodukovatelnost procesů použitím servoelektrických pohonů.

Elektricky ovládané pohyblivé osy pracují nezávisle na sobě a nabízejí klasické výhody v oblasti rychlosti, přesnosti, účelného využití energie a minimalizace emisí a hlučnosti. Náročné technické vybavení strojů ALLROUNDER A se každodenně osvědčuje při řešení úkolů v oblasti vstřikování vysoce přesných špičkových produktů.

1

Vyspělé technologie:

Stroje řady ALLROUNDER A mohou být ideálně využity při výrobě zdravotně nezávadných produktů pro lékařskou techniku v bezprašném prostoru, velkosériové výrobě obalové techniky, bezpečnostních technických dílů, např. pro automobilový průmysl nebo také vysoce precizních malých součástí s konstantní úrovní kvality a stoprocentní reprodukovatelností.

2

Přesné vstřikování

Vysoká reprodukovatelnost, která je vyžadována například v automobilovém odvětví, se projevuje především mechanicky tuhými hradmi osami stroje ALLROUNDER A. Vynikající přesnost polohování servoelektrických pohonů ručí za bezproblémový průběh zpracování výlisků v rámci následných automatizovaných procesů, zejména při použití od robotických systémů až po vkládání nebo hotových dílů.

Další informace:

Základní informace pro uživatelskou kompetenci



3 Optické součásti

Tekutinou chlazené motory strojů ALLROUNDER A umožňují dlouhé fáze dotlaku, které jsou vyžadovány například pro silnostěnné optické díly. Servoelektrické pohony zajišťují odpovídající vysokou přesnost. Díky nezávislosti pohonů je možné také vstřikování s následným lisováním.

4 Tenkostěnné výrobky

Přímé dynamické servoelektrické pohony a vysoká dosahovaná přesnost strojů nabízí vhodné využití řady ALLROUNDER A v oblasti obalové techniky, například tenkostěnné výrobky. Podstatné jsou krátké časy chodu stroje na prázdno a servoelektrická osa vstřikování. Ty se svou dynamikou podobají hydraulickému okruhu s akumulátorem. Pro bezpečné a přesné vyformování i při vysokých rychlostech lze pohyby formy a vyhazovače vzájemně dokonale sladit. Souběžný cyklus dávkování umožňuje také dosažení optimální, rovnoměrné přípravy materiálu, snížení teploty materiálu a tím současně zkrácení doby chlazení.

5 Použití v čistém a bezprašném provozu

Výhody v podobě nízkých emisí a tichého chodu strojů ALLROUNDER A nacházejí své využití zejména v čistém a bezprašném provozu, např. při výrobě lékařské techniky. Odstraněním fémových převodů nebo vzduchem chlazených motorů se podstatně snížilo víření vzduchu a tím také znečišťování pracovního okolí prachem vznikajícím při provozu. Díky tomu bude nasazení stroje ALLROUNDER A v čistých provozech ideální.

Zdroj: ARBURG. [online]. [cit. 31. března 2010]. Dostupné na Word Wide Web: http://www.arburg.com/com/COM/en/products/machines/standard/allrounder_a/downloads.jsp.