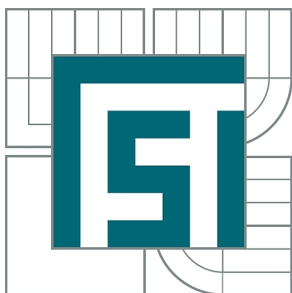


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A
ROBOTIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND
ROBOTICS

TECHNOLOGIE VÝROBY PLASTOVÉHO DRŽÁKU LOŽISEK MOTORU

PRODUCTION TECHNOLOGY OF PLASTIC BRACKET BEARINGS MOTOR

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. VLADIMÍR SVOBODA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. BOHUMIL KANDUS

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Vladimír Svoboda

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

obor: **Výrobní stroje, systémy a roboty (2301T041)**

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:

Technologie výroby plastového držáku ložisek motoru

v anglickém jazyce:

Production technology of plastic bracket bearings motor

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Na základě zadaného tvaru plastového dílce vypracovat řešení na technologii vstřikování plastů do forem, 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 plastový držák ložisek motoru 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.
- ZEMAN, Lubomír. Vstřikování plastů. 1. vyd. Praha : Nakladatelství BEN, 2009. 248 s. ISBN 978-80-7300-250-3.
- 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 2010/2011.

V Brně, dne 23.11.2010

L.S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Vladimír Svoboda: Technologie výroby plastového držáku ložisek motoru

Cílem diplomové práce je na základě zadaného tvaru plastového dílce vypracovat rešerši na technologii vstřikování plastů do forem, provést návrh technologického postupu a konstrukce vstřikovací formy včetně potřebných výpočtů. Projekt obsahuje rešeršní část a část praktickou. Na základě získaných informací z rešeršní části byl zvolen vhodný materiál, které se stal podkladem pro praktickou část práce. Praktická část obsahuje základní technologické výpočty, je doplněna o simulační analýzy plnění a pevnostní výpočty kritických prvků. Součástí práce je výkresová dokumentace.

Klíčová slova: smrštění, termoplast, vstřikovací forma, konstrukce, Polyamid.

ABSTRACT

Vladimír Svoboda: Production technology of plastic bracket bearings motor

The target of this dissertation is based on the specified shape of plastic part to develop search technology of plastic injection molds, to the technological design process and construction of injection molds, including the necessary calculations. The project includes a search and a practical sections. Based on information from a search section a suitable material was chosen, which became the basis for practical section. The practical section with basic technology calculation is complemented by filling simulation analysis and stress analysis of critical elements. A part of this dissertation is the set of the drawings.

Keywords: shrinkage, thermoplastic, injection mold, construction, Polyamide.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SVOBODA, V. Technologie výroby plastového držáku ložisek motoru. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 81 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Bohumil Kandus.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou diplomovou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladu, na základě konzultací a pod vedením vedoucího diplomové práce.

.....
V Brně dne 27. 5. 2011

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu Ing. Bohumilu Kandusovi za ochotné vedení při vytváření této práce, za jeho cenné připomínky, rady a ochotu. Dále bych rád poděkoval všem ostatním, kteří mne svými praktickými poznámkami dokázali vhodně nasměrovat.

Obsah

Obsah	9
1 Úvod.....	11
2 Plasty	12
2.1 Výroba plastů	13
2.2 Makro a mikrostruktura polymerů	14
2.3 Rozdělení plastů.....	17
2.4 Přísady plastů.....	19
2.4.1 Stabilizátory	19
2.4.2 Plastifikátory	20
2.4.3 Polymerní modifikátory	20
2.4.4 Retardéry hoření.....	20
2.4.5 Barviva a pigmenty	20
2.4.6 Lubrikanty nukleační činidla a antistatika	20
2.4.7 Plniva.....	20
2.5 Chování plastů	21
2.5.1 Mechanické vlastnosti	21
2.5.2 Fyzikální vlastnosti	22
2.5.3 Tepelné vlastnosti.....	23
2.5.4 Elektrické vlastnosti	24
2.5.5 Stárnutí plastů	24
2.6 Technologie zpracování plastů	25
2.6.1 Válcování, odlévání, tvarování	25
2.6.2 Vytlačování.....	26
2.6.3 Vyfukování.....	26
2.6.4 Lisování.....	27
2.6.5 Vstřikování.....	27
2.7 Závěr z kapitoly	28
3 Konstrukční provedení vstřikovacích strojů.....	29
4 Základní technologické parametry lisování	31
4.1 Výpočet vstřikovacího objemu	31
4.2 Výpočet uzavírací síly.....	32
4.3 Výpočet šneku stroje	33
4.4 Výpočet časů cyklů formy	33
4.5 Závěr z kapitoly	34
5 Analýza plnění	36
6 Nástroj – návrh.....	41
6.1 Výrobek	42
6.1.1 Technologické úkosy	42
6.1.2 Smrštění plastu	43
6.2 Tvarové části	43
6.2.1 Dělicí rovina	43
6.2.2 Tvárnice.....	44
6.2.3 Tvárník	45
6.2.4 Šíbr.....	45
6.2.5 Vložky.....	46
6.3 Vtoková soustava	47
6.4 Temperační soustava	50

6.5	Mechanismus ovládání šíbrů	51
6.6	Vyhazovací soustava	54
6.7	Normalizované součásti	56
6.7.1	Desky	56
6.7.2	Vodící a středící elementy	58
6.7.3	Spojovací prvky	58
7	Ověřovací analýza	59
8	Závěr	62
	Seznam použitých zkratk	63
	Seznam použitých zdrojů	65
	Seznam obrázků	66
	Seznam příloh	68

1 Úvod

V minulých desetiletích docházelo a stále dochází k prudkému rozvoji v oblasti plastických hmot. Hlavní příčinu na tomto vývoji má rozvoj automobilového průmyslu, který svojí masovou výrobou potřeboval uspokojit potřeby bezpočtu nepřetržitých linek po přísunu a potažmo i výrobě velkého počtu různorodých výrobků. Postupné vytlačování kovu a jeho nahrazování lehce a rychle zpracovatelným plastem bylo logickým krokem, jak uspokojit tyto potřeby. Obzvláště když se cena plastových dílců přiblížila ceně kovových, a postupně klesala hluboko pod jejich pořizovací náklady. Dalším tahounem na poli plastů byl elektrotechnický průmysl, který plně využil potenciálu dielektrických vlastností těchto materiálů při konstrukci elektrických strojů a elektroniky. V dnešní době připadá největší objem výroby plastů na výrobky související s obalovou technikou ať už v potravinářství kosmetice nebo jiných oborech. Jen stěží si dnes vybavíme výrobek, který není zabalen v plastu.

Obyčejné plasty nemají pro technickou praxi velké použití, ale přidáváním různorodých příměsí do známých plastů vznikají kompozitní materiály, které se svými vlastnostmi přibližují vlastnostem kovů, mnohdy je i překonávají. Zpracování plastů za tepla, v jejich tekutém stavu a jejich schopnost udržet si po vychladnutí požadovaný tvar, je předurčuje pro konstrukci tvarově velmi různorodých a komplikovaných dílů, který by se z kovu vyráběli jen komplikovaně a za mnohem vyšších nákladů.

Stále širší uplatnění plastu s sebou přináší i stále se zvyšující nároky zákazníků na tvarovou přesnost, mechanickou odolnost a hlavně klade důraz na vzhledovou estetiku. To přináší zvýšené nároky na konstrukci a výrobu forem pro zpracování těchto plastů.

Tato diplomová práce je zaměřena na návrh konstrukce nástroje, pro výrobu plastového dílce „držák ložisek elektromotoru“. Cílem diplomové práce je v první části přiblížit problematiku zpracování plastů a popsat technologii výroby. Druhá část se věnuje návrhu nástroje podpořené analýzou tečení a analytickými výpočty. Na závěr je zhodnocení práce a její přínos.

Plastový dílec reprezentuje část jednofázového elektromotoru, v rámci diplomové práce bude předpoklad použití pro ruční nářadí.

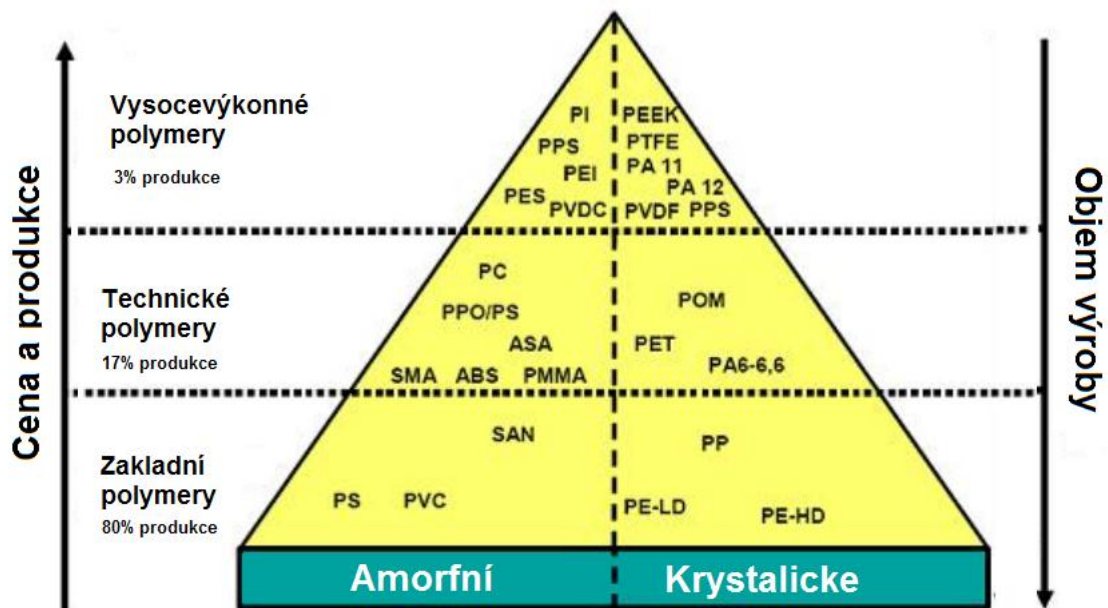
[1][4][3][2]

2 Plasty

V roce 1862 uvedl Alexander Parkes na trh novou syntetickou hmotu „Parkesin“ a otevřel tak novou kapitolu dějin zvanou plastické (nepřesně umělé) hmoty. Zdokonalováním této hmoty došel až ke komerčně velice úspěšnému celulozid pokládánému za první termoplast.

V roce 1909 přichází na svět další hmota zvaná Bakelit. Tato měkká hmota se dala lehce tvarovat pomocí forem a po vytvrzení teplem byla odolná vůči mechanickému poškození a kyselinám. Jednalo se o první reaktoplast. S jeho masovým uplatněním a všestranným použitím se můžeme setkat do dnes. Po druhé světové válce přichází éra nových vyvíjených plastů v čele s Polyetylémem, Polyamidem a Polystyrénem. V současné době existují tisíce plastů rozličných vlastností a chování. V technické praxi se však uplatňuje jen několik málo desítek druhů. S celkové světové produkce plastu připadá 80% na základní polymery využívané převážně v obalové technice.

[2][11]



Obrázek 2.1
Celosvětová produkce plastů

2.1 Výroba plastů

Polymery, z Řeckého poly = mnoho a meros = část jsou synteticky připravované makromolekulární látky. Při jednoduchých chemických reakcích, které se mnohokrát opakují, přechází původní nízkomolekulární sloučenina monomer, ve vysokomolekulární látku zvanou polymer.

Monomer je výchozí látka používaná k výrobě, je to například ethen a propen. Aby mohlo dojít k vytvoření makromolekuly, musí výchozí monomer obsahovat reaktivní skupiny a musí mít schopnost vytvořit se sousedními skupinami alespoň dvě chemické vazby. Tudíž, výchozí monomer musí být alespoň dvojfunkční, ale může být i tří-, čtyř- a vícefunkční. Vznik řetězce makromolekulární látky (polymeru) probíhá většinou v přítomnosti katalyzátoru. Počet monomerních jednotek v polymeru se nazývá polymerační stupeň n , který mívá hodnotu 10^3 až 10^5 . Sloučeniny s nízkým polymeračním stupněm nazýváme oligomery, s vyšším polymeračním stupněm polymery. Polymery biologického původu nazýváme biopolymery nebo biomakromolekulární látky. S počtem monomerů se mění fyzikální a chemické vlastnosti produktu, polymerace (teplota tání, rozpustnost, ...). Makromolekulární látka může vzniknout jak z jednoho druhu monomeru, tak i z více druhů – mluvíme pak o kopolymerech.

Polymerizace je základní reakce pro výrobu plastů, syntetických kaučuků a umělých vláken. Uplatňuje se při výrobě a využití laků, polyesterů, laminátů a v lékařství. Polymerizace se vyskytuje též v procesech v živé přírodě, např. při biosyntéze polysacharidů a proteinů.

Pokud se při polymerizaci používá pouze jeden monomer, jde o homopolymerizaci, pokud je monomerů více, jedná se o kopolymerizaci. Výsledkem kopolymerizace dvou monomerů může být podle podmínek statistický kopolymer (oba monomery se v řetězci střídají náhodně), alternující kopolymer (oba monomery se v řetězci střídají pravidelně), případně i blokový kopolymer (oba monomery tvoří delší souvislé úseky řetězce).

Plastem se polymer stává poté, co ho smícháme s nezbytnými přísadami a převedeme do formy vhodné k dalšímu technologickému zpracování, např. ve formě granulí, prášků, tablet, apod. - obecný termín polymer představuje chemickou látku, zatímco plast je technický materiál, který musí mít vhodné užité vlastnosti, neboť plastikos = vhodný ke tváření.

[9][11][12][13]

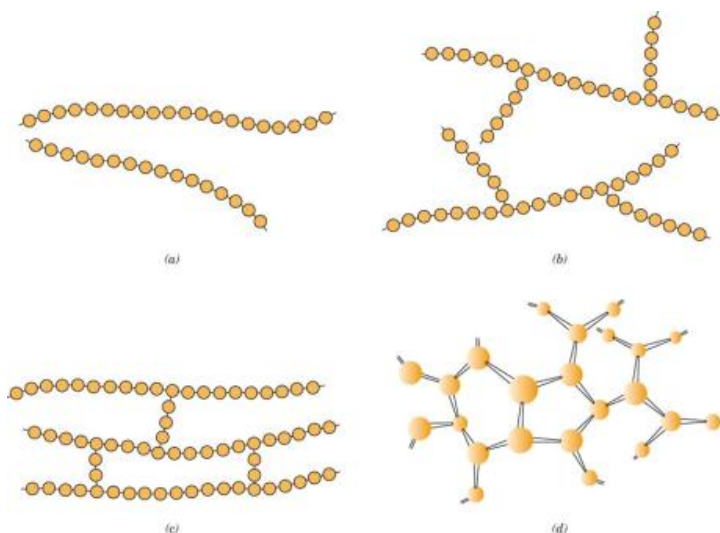
2.2 Makro a mikrostruktura polymerů

Plasty jsou obecně makromolekulární látky o molekulové hmotnosti vyšší jak 10^4 . Z chemického hlediska jsou to látky organické. Podstatou polymerů je makromolekulární látka přírodního nebo syntetického původu, která je tvárněná za působení teploty T a tlaku p . Základním prvkem řetězce je atom uhlíku. Uhlíkové atomy mají schopnost vzájemně se vázat a vytvářet dlouhé řetězce. V zásadě existují tři druhy polymerních makromolekul: lineární, rozvětvené (typické pro termoplasty) a zesíťované (kaučuky, reaktoplasty)

Lineární makromolekuly vznikají tak, že se monomerní molekuly řadí jedna vedle druhé „jako korálky na šňůře perel“. Lineární makromolekuly se mohou z prostorových důvodů více přiblížit jedna ke druhé a vyplnit tak kompaktnější prostor. Polymery potom mají vyšší hustotu. Lineární makromolekuly také snáze vytvářejí prostorově pravidelné shluky krystalických struktur, takže tyto polymery mají vyšší obsah krystalických podílů. Plasty s lineárními makromolekulami jsou obvykle dobře rozpustné a tavitelné, v tuhém stavu se vyznačují houževnatostí a ve formě tavenin dobrou zpracovatelností.

Rozvětvené makromolekuly se vyznačují tím, že mají na základním řetězci boční větve („přívěsek na šňůře perel“). Rozvětvené makromolekuly se na rozdíl od lineárních makromolekul nemohou v důsledku bočních větví jedna ke druhé dostatečně přiblížit. Proto se vyznačují nižší hodnotou hustoty. Uspořádanost jejich shluků je nízká a tudíž hůře krystalizují a mají nižší stupeň krystalinity. Rozvětvení zhoršuje i pohyblivost makromolekul a tedy i tekutost v roztaveném stavu. Boční řetězce, které způsobují oddálení sousedních makromolekul, mají za následek pokles mezimolekulárních sil a tím zhoršení většiny mechanických vlastností.

Zasíťované makromolekuly – v tomto případě je několik přímých nebo rozvětvených makromolekulárních řetězců mezi sebou propojeno vazbami, takže vytvářejí jednu takřka nekonečnou makromolekulu – prostorovou síť. Takováto síť vede ke ztrátě tavitelnosti a rozpustnosti polymeru. Polymery vykazují vysokou tvrdost, tuhost a odolnost proti zvýšené teplotě, avšak nízkou odolnost proti rázovému namáhání. Sítě mohou být řídké (charakteristické pro elastomerní kaučukovité polymery) nebo husté (reaktoplasty).

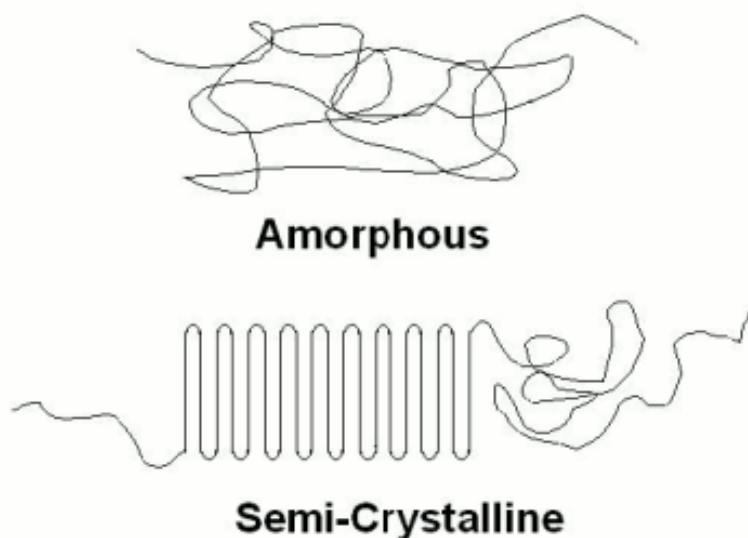


Obrázek 2.2
Makrostruktura polymerních řetězců
a-lineární, b-rozvětvená,
c-polymery se zkříženými články, d-síťované polymery

Lineární makromolekuly vytváří uspořádanější nadmolekulární strukturu, zesíťované makromolekuly strukturu neuspořádanou. Termoplasty tak mohou mít amorní nebo semikrystalickou nadmolekulární strukturu, zatímco reaktoplasty pouze strukturu amorní.

Amorní strukturou rozumíme strukturu bez jakékoliv uspořádanosti (struktura chaotická). Základním morfologickým útvarem této struktury jsou globuly (nebo-li klubíčka) o velikosti 10 - 30 nm, které jsou vytvořeny z chaoticky stočených makromolekul.

Krystalická struktura se vyznačuje určitým stupněm uspořádanosti. Základním morfologickým útvarem jsou tzv. lamely, fibrily.



Obrázek 2.3
Schéma struktury v pevné fázi
amorní a semi-krystalické
polymery

U reálných výrobků se při tuhnutí z tavenin polymerů vytvářejí útvary, nazývané sférolity. Jedná se o shluky lamel, které vychází ze společného centra a rozrůstají se na všechny strany, často jsou vrtulovitě stočené. Krystalizující polymery nemají v reálných podmínkách technologického zpracování možnost dokonalé krystalizace, ale krystalizuje jen určité procento polymeru. Část takového polymeru je krystalická, zbylá část zůstává v amorním stavu. Hovoříme proto o tzv. semikrystalických polymerech. Míru uspořádanosti ve struktuře vyjadřujeme tzv. stupněm krystalinity.

Stupeň krystalinity tedy udává relativní podíl krystalických oblastí ve hmotě. Pro vznik semikrystalické struktury je nutná tvorba krystalizačních zárodků, na nichž poté rostou krystality. K nukleaci dochází při ochlazování taveniny, která má amorní strukturu.

Druhým důležitým faktorem, rozhodujícím o tvorbě krystalické fáze je doba, kterou má polymer k dispozici. Má-li se dosáhnout jemnozrné struktury, musí krystalizace probíhat při takové teplotě, kdy se tvoří velké množství zárodků. Má-li výrobek vykazovat co nejlepší mechanické vlastnosti, je nutno řídit krystalizaci tak, aby bylo dosaženo nejen co nejvyššího stupně krystalinity, ale také současně jemnozrné struktury. Prudké ochlazení povrchu budoucího výrobku způsobí, že polymer sice zkrystalizuje, ale nevytvoří sférolitickou strukturu.

Hlavní prvky nadmolekulární struktury se utvářejí v průběhu chladnutí výrobku a to ať ve formě nebo mimo ni. Je-li krystalizace spojena s

přeměnou fáze (polymer přechází ze stavu kapalného do tuhého) hovoříme o tzv. primární krystalizaci. Ta však ještě může pokračovat ve stavu tuhém (často i během několika měsíců) a nazývá se sekundární krystalizací. Jsou s ní spojeny nejen změny rozměrů, ale i vlastností výrobků a je tudíž jevem nežádoucím. Podmínky tuhnutí nejsou ve všech částech výrobku stejné a krystalizace je nerovnoměrná. Z technologického hlediska vzniká nestejnorodý, anizotropní materiál.

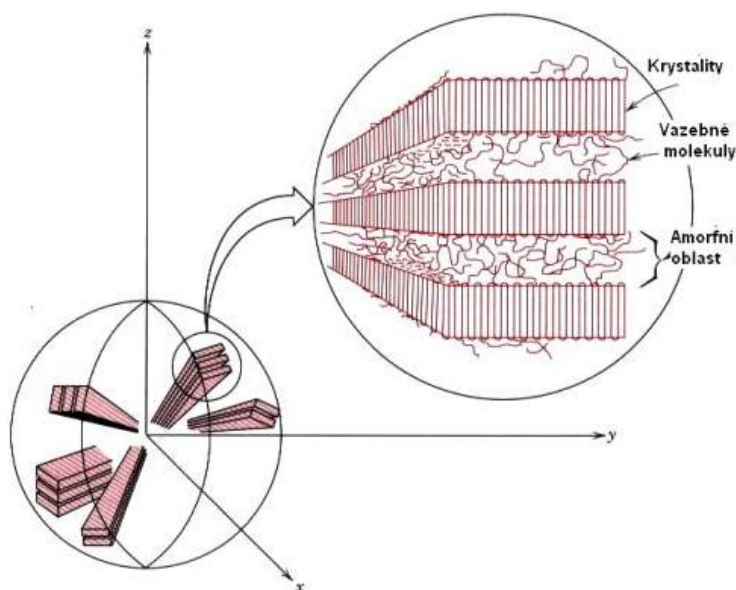
Polymer chladne nejprve u stěny formy, naopak nejdéle chladne a zůstává v tekutém stavu uprostřed dutiny formy, tedy v jádru tělesa. Tyto rozdílné podmínky vedou ke strukturnímu rozlišení mezi povrchem a jádrem tělesa. V krystalické oblasti polymerního materiálu bude mít materiál s vyšším stupněm krystalinity spíše lineární tvar makromolekuly a bude projevovat vyšší hodnotou pevnosti, tuhosti a tvrdosti. Houževnatost tohoto materiálu poklesne. Amorfni oblast polymerního materiálu představuje jakési klouby, kolem nichž se mohou krystality natáčet, takže přispívají ke zvýšení houževnatosti a tím i tažnosti.

Z uvedeného je zřejmé, že vlastnosti polymerního materiálu budou závislé na tvaru makromolekuly a stupni krystalinity.

Orientace makromolekul na povrchu vstřikovaného dílce je vlivem vysokých vstřikovacích sil ve směru toku taveniny, zatímco v jádru tělesa zůstávají molekuly déle v tekutém stavu a než ztuhnou, stačí se vrátit do neorientovaného stavu.

Jedním z důsledků krystalizace je ztráta průhlednosti materiálu. Vzhledem k tomu, že hustota amorfniho polymeru je menší, než hustota polymeru semikrystalického, dochází při průchodu světla hmotou v důsledku různého indexu lomu k jeho rozptylu na drobných krystalických útvech uvnitř výrobku z plastu a semikrystalický plast se jeví jako mléčně zakalený, zatímco amorfni plast jako čirý, průhledný

[3][4][10][13][16]



Obrázek 2.4
Sferolit

2.3 Rozdělení plastů

Plasty se dají dělit dle několika hledisek. Nejčastější členění je podle:

- **Druhu přísady:**

Neplněné plasty - neplněný plast je takový plast, u kterého množství přísad neovlivňuje vlastnosti polymerní matrice.

Plněné plasty – plnivo ovlivňuje fyzikální a mechanické vlastnosti plastu. Makromolekulární látka plní funkci pojiva a určuje základní fyzikální a mechanické vlastnosti hmoty. Přísadou mohou být plniva, stabilizátory, maziva, barviva, změkčovadla, iniciátory, nadouvadla, tvrdidla, retardéry hoření, apod.

- **Krystalické struktury:**

Amorfní - makromolekuly zaujímají zcela nahodilou pozici. Jsou charakteristické tvrdostí, křehkostí, vysokou pevností, modulem pružnosti a jsou vzhledem k nízkému indexu lomu průhledné. Použitelnost amorfních polymerů je do teploty zesílnění T_g .

Krystalické - vykazují určitý stupeň uspořádanosti. Jsou mléčně zakalené a jsou charakterizovány houževnatostí materiálu, pevnost a modul pružnosti roste se stupněm krystalinity. Použitelnost semikrystalických plastů je do teploty tání T_m .

- **Působení teploty**

Termoplasty – jsou materiály, které při zahřívání přecházejí do plastického stavu, kde je lze snadno tvářet a zpracovávat různými technologiemi. Do tuhého stavu přejdou ochlazením pod teplotu tání T_m (semikrystalické plasty), resp. teplotu viskózního toku T_f (amorfní plasty). Protože při zahřívání nedochází ke změnám chemické struktury, lze proces měknutí a následného tuhnutí opakovat teoreticky bez omezení. K termoplastům patří většina zpracovávaných hmot.

Reaktoplasty - jsou materiály, dříve nazývané termosety, které rovněž v první fázi zahřívání měknou a lze je tvářet, avšak jen omezenou dobu. Během dalšího zahřívání dochází k chemické reakci – prostorovému zesíťování struktury, k tzv. vytvrzování. Ochlazování reaktoplastů probíhá mimo nástroj. Tento děj je nevratný a vytvrzené plasty nelze roztavit ani rozpustit, dalším zahříváním dojde k rozkladu hmoty (degradaci). Patří sem fenolformaldehydové hmoty, epoxidové pryskyřice, polyesterové hmoty, apod.

Kaučuky, pryže a elastomery - jedná se o polymerní materiály, které rovněž v první fázi zahřívání měknou a lze je tvářet, avšak jen omezenou dobu. Během dalšího zahřívání dochází k chemické reakci – prostorovému zesíťování struktury, probíhá tzv. vulkanizace. U elastomerů na bázi termoplastů nedochází ke změnám chemické struktury, proces měknutí a

následného tuhnutí lze opakovat teoreticky bez omezení, probíhá zde pouze fyzikální děj.

- **Použitý monomer:**

Polyolefyny - Používají se jako konstrukční materiály pro automobilový, elektrotechnický, zdravotní průmysl, na výrobu obalů, vláken a pryží.

Polyetylén - Dle způsobu polymerace rozlišujeme HDPE, LDPE. po jednom roce v našich klimatických podmínkách klesá pevnost v tahu lineárního PE k nulové hodnotě. Použití pro obaloviny, přepravky, kryty, ucpávky, zátky, vodovodní trubky.

EPDM – jedná se o kopolymer polyetylénu, použití pro díly z technické pryže odolné vůči povětrnostním vlivům jako jsou kabely a elektroinstalace, součásti v automobilech, střešní krytiny ve stavebnictví, těsnění.

Polypropilén - Má lepší chemickou odolnost než PE, oproti PE mají vyšší povrchový lesk a vyšší povrchovou tvrdost. Použití pro spotřební zboží, obaloviny, technické díly automobilů, sanitární technika, ruční nářadí. PP je nejlépe z TP

Polyacetal - POM semikrystalický plast, který se dá různě modifikovat (snížení tření, antistatický úprava ..) Vysoká odolnost proti otěru ho předurčuje k použití pro ložiska, ozubená kola, západky, fitinky, díly s cyklickým namáháním, mřížky reproduktoru, tělesa zapalovačů vodoměru a podobně.

Styreny PS – polystyren vyrábí se snadno polymerací styrenu. Tvrdý a křehký materiál, odolný proti oxidaci, alkoholům a zásad. Má výborné elektroizolační vlastnosti, na světle fotooxidačně žloutne a křehne. Použití pro spotřební předměty, obaly, hračky, potravinové misky, kelímky, podnosy, součásti osvětlovacích těles.

ABS - kombinace monomerů akrylonitril, butadien a styren.

Akrylonitril dodává dobré tepelné vlastnosti, pevnost, chemickou odolnost

polybutadien dodává houževnatost, ohebnost

styren dodává tuhost, lesk, snadnost zpracování na povětrnosti stárne, není vhodný pro venkovní použití, tvrdý a lesklý.

Použití: komponenty k PC (klávesnice), lego, helmy, kryty.

Vynilové polymery patří k nejdůležitějším plastům, monomer je Vinil, který je zcela amorfní

PVC – Polyvinylchlorid jeden z nejrozšířenějších polymerů, pod 20 °C je křehký používá se na fólie, svařované desky na chemicky odolné nádoby (HF), trubky tlakové (žluté) a odpadní (šedé), profily (okna, modifikovaný, v zimě křehké). Měkčený typ se používá na fólie ubrusy, profily, hadice, izolace kabelů, podlahoviny.

Polyestery - Mají esterové vazby v hlavním řetězci

PET – Polyetylentereftalát Použití na vlákna, fólie, láhve, vstřikované výrobky (plněné skleněným vláknem)

PBT – Polybutylentereftalát je lineární krystalický, používá se na elektronické a elektrické součástky, automobilový průmysl.

PC – je zcela amorfní, průhledný termoplast. Používá se pro technické dílce mechanicky namáhané i za zvýšených teplot, trubky, tyče, profily, fólie, a na pohledové díly jak jsou CD, optika (brýle, kryty lamp, automobilové světlomety,...)

Polyamidy - Mají malou odolnost proti UV záření, kyslíku, oxidu siřičitému, proto je nutné proti stárnutí přimíchávat stabilizátory. Běžně se přimíchávají skleněná vlákna představují až 50% sklem plněných plastů.

PA 6 (Silon) – Použití pro textilní vlákna, konstrukční materiál na ložiska, ozubená kola a ovládací elementy

PA 66 (Nylon) – Mají všestranné použití, jako je závitové spojení, ozubená kola, spínací zařízení, ruční nářadí, svorkovnice, židle, automobilový průmysl.

Ostatní skupiny plastů:

Akryláty, Ketony, Sulfidy, Fenoplasty, Fluoroplasty, Aminoplasty,
[1][2][3][7][9][10][15]

2.4 Přísady plastů

Základní polymer obvykle nelze zpracovávat na výstřiky, pro získání požadovaných vlastností je nutné polymer upravit vhodnými přísadami – aditivy. Nejčastější vlastnosti aditiv jsou:

- Zvýšení stability taveniny – tepelné nebo oxidační stabilizátory
- Zlepšení tokových vlastností taveniny – zlepšení zatékavosti, plastifikace, snížení lepivosti,
- Zlepšení krystalické struktury - nukleací činidla pro jemnozrnnou strukturu.

2.4.1 Stabilizátory

Termooxidační – zvyšují odolnost vstřikovaného materiálu k termooxidačnímu stárnutí, tj. zvyšují hranici teploty a doby použití výstřiku na teplotě

UV stabilizátory – zvyšují odolnost k atmosférickému stárnutí a tím prodlužují životnost výstřiků. Absorbují světlo o vlnové délce 300 – 400 nm.

2.4.2 Plastifikátory

Používají se ke změkčení tzn. snížení tuhosti a tvrdosti a zvýšení ohebnosti, tažnosti a houževnatosti zchladnutého polymeru. Nejčastěji se používají pro PVC

2.4.3 Polymerní modifikátory

Jsou to polymerní sloučeniny, které vytvářejí se základním polymerem směsí a mají výrazně modifikovat vlastnosti základního polymeru

2.4.4 Retardéry hoření

Snižují hořlavost termoplastů, jejich účinnost funguje až při vyšších koncentracích (5-30%) a proto mají vliv na zpracovatelské a užité vlastnosti. K retardaci přispívají i plniva anorganického původu.

2.4.5 Barviva a pigmenty

Dodávají polymeru barevný odstín a kryvost. Jsou nerozpustné organické anorganické a kovové prášky. Různá barviva aplikovaná na stejný polymer mohou vyvolat různé smrštění. Mohou působit jako nukleační činidlo. Barviva musí být tepelně stálé a musí odolat výrobním podmínkám při několikanásobném zpracování. Důležitý je požadavek na odolnost proti UV záření, povětrnostní stálost a zdravotní nezávadnost.

Občas se do polymer přidávají optické zjasňovače, která zlepšují vzhled u bílých a světle pigmentovaných výrobcích.

2.4.6 Lubrikanty nukleační činidla a antistatika

Lubrikanty - maziva snižují viskozitu taveniny, zlepšují odformovatelnost, zvyšují lesk výstřiků.

Nukleační činidla – modifikují rychlost krystalizace – zkrácení výrobního cyklu, zvýšení transparentnosti.

Antistatika – snižují elektrostatický náboj který vzniká třením nevodivých plastů.

2.4.7 Plniva

Polymerní materiály s plnivem se nazývají kompozitními materiály. Obsahují matrici – plnivo a pojivo – polymer. Jako plnivo se používá částic, výztuží a nanoplňiva.

- Částicová plniva – obecně zvyšují viskozitu taveniny, zvyšují tvrdost, tuhost, tepelnou odolnost a zmenšují smrštění. Některé specifické plniva zlepšují kluzné vlastnosti, snižují povrchový a vnitřně izolační odpor a zvyšují tepelnou vodivost. Koncentrace plniv je v rozmezí jednoho až šedesáti procent. Částicová plniva jsou minerální plniva o různé velikosti a tvaru, jejichž rozměr se pohybuje od jednoho po desítky mikronů. Tvar

mají kulovitý nebo destičkový. Mezi tyto plniva řadíme grafit, saze, talek, práškové kovy, vápenec, skleněné mikrokuličky a podobně.

- Vyztužující plniva – zvyšují pevnost tuhost a tvarovou stálost kompozitu, ale snižují jeho ohebnost, smrštění a kluzné vlastnosti. Tyto plniva mají obvykle vláknitou strukturu a používají se nejvíc ve tvaru sekaných pramenců vláken. Obsah vláken je od pěti do šedesát procent. Nejvíce se používají skleněná vlákna, uhlíková vlákna, vláknité monokrystali kovů, minerální vlákna, kysličníky kovů a karbidů a jiné. Vyztužující efekt závisí na poměru délky k jejich průměru l/d větším než 10. Obvyklá délka vláken je v řádu desetin mm až celých mm.
- Nanoplíniva – zlepšují mechanické vlastnosti a mohou redukovat obsah přísad nutných k dosažení požadovaných přísad a tím ke snížení hmotnosti. Nejčastějším plnivem jsou vrstevnaté jíly které mají alespoň jeden rozměr v řádu nanometrů 10^{-9} . Obvyklá koncentrace je tři až sedm procent.
- Kompozitní slitiny – (blends) jsou slitiny dvou polymerních materiálů, nejčastěji používanými blends jsou PC/ABS, PA/ABS, PC/PBT....

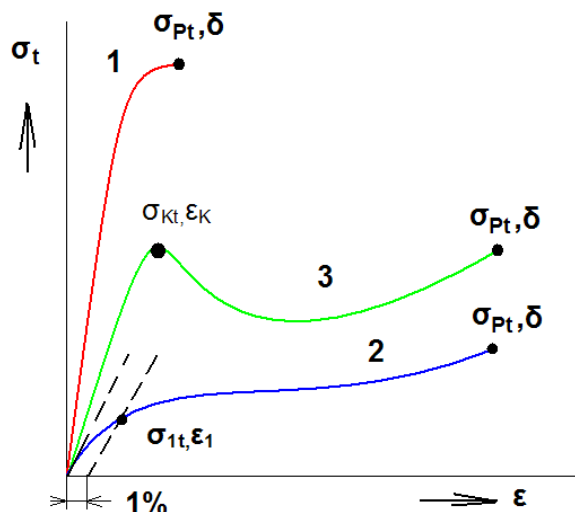
[1][2][3][7][9][10][15]

2.5 Chování plastů

Reálné chování plastových dílců je závislé na mnoha faktorech, jako je tvar výrobku, orientace vláken, vnitřní pnutí, krystalizaci, stupněm vytvrzení a podobně. Proto srovnávání různých plastů provádíme na normalizovaných vzorcích za přesně definovaných podmínek. Tyto hodnoty platí pouze informativní charakter, pro konkrétní aplikace se mohou měnit.

2.5.1 Mechanické vlastnosti

Pro technické díly z plastu jsou rozhodující jejich mechanické vlastnosti které přímo ovlivňují návrh a dimenzování plastových součástí.



Obrázek 2.5
Typická závislost plastů
1-Tvrdé plasty bez meze kluzu,
2-měkké plasty bez meze kluzu,
3 –plasty s výraznou mezí kluzu

Mez kluzu v tahu R_e a mez pevnosti v tahu R_m

Jsou rozhodující při krátkodobém zatěžování.

R_e je důležité u homogenních houževnatých semikrystalických termoplastů za běžných teplot. Pevnost v tlaku je rovna přibližně pevnosti v tahu.

R_m je důležité u křehkých a plněných plastů a reaktoplastů. Pevnost v tlaku je asi o 30–60% vyšší než pevnost v tahu.

Hodnoty R_e a R_m se snižují s rostoucí teplotou a při dlouhodobém působení zatížení. Při rychlém zatěžování plasty ztrácejí svoji houževnatost a výraznost meze kluzu se zmenšuje, až vymizí.

Modul pružnosti v tahu E

Je mírou tuhosti materiálu. Hodnota E platí pro krátkodobé zatěžování za normální teploty, a vlhkosti vzduchu. Při změnách teploty, doby zatěžování a velikosti napětí se modul pružnosti značně mění. V praxi se používá konstrukční modul pružnosti E_k udávaný v grafických závislostech.

Mez únavy σ_a

Určuje pevnost materiálu při definovaném dynamickém zatěžování. U plastu se konečné meze nedosáhne, neboť pevnost s počtem zatěžovacích cyklů klesá. Proto se určuje mez časové únavy (obvykle 10^7 cyklů).

Mechanický ztrátový činitel $tg\delta$

Vyjadřuje schopnost materiálu pohlcovat kmitavou nebo rázovou energii a přeměňovat ji v teplo. Čím je větší $tg\delta$ tím je vyšší schopnost tlumit rázy.

Mezi ostatní mechanické vlastnosti patří Kritické měrné prodloužení, tažnost, rázová a vrubová houževnatost. Přehledy v příloze Tabulka 4

2.5.2 Fyzikální vlastnosti

Existuje mnoho fyzikálních ukazatelů, které jsou různě důležité pro různé plasty a jejich aplikace. Pro držák ložisek elektromotoru jsou důležité faktory:

Hořlavost

Je to sklon ke vznícení, závisí na vlastnostech materiálu, na tvaru výrobku, tloušťce stěny atd. hořlavost se dá snížit minerálními plnivými nebo skleněnými vlákny. Znatelným snížením hoření se docílí přidáním retardéru hoření. Přehled v příloze Tabulka 5

Odolnost proti UV záření a povětrnostním vlivům

Střídavé působení vzdušného kyslíku, slunečního záření, vlhka sucha, tepla a zimy má po určité době za následek rozrušování makromolekulárních řetězců. To se projevuje křehnutím, vznikem trhlinek, ztrátou barvy a povrchového lesku. Zhoršování vlastností je rychlejší ve vlhkém tropickém podnebí nebo v podmínkách intenzivního slunečního záření. Přehled odolnosti plastů pro středoevropské klima v příloze Tabulka 6

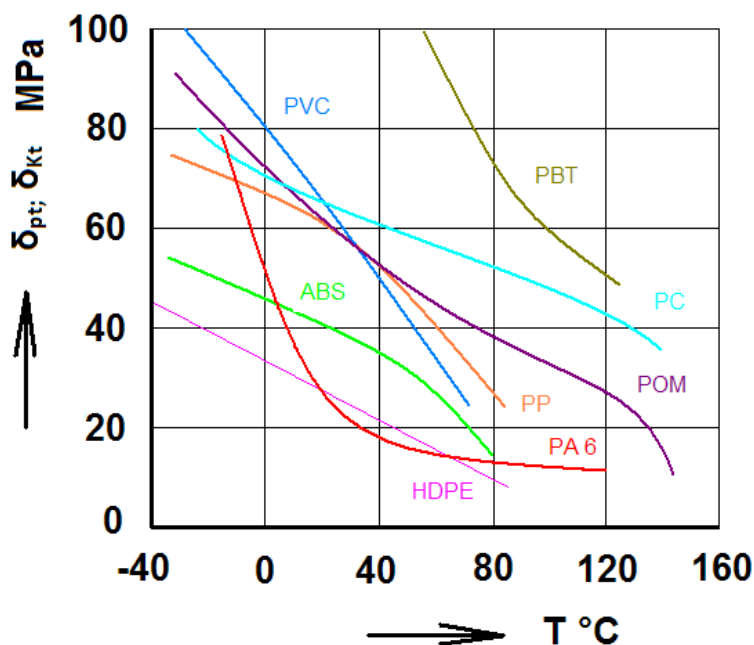
Navlhavost

Některé druhy plastů mají sklon přijímat vodu z okolního vlhkého ovzduší. Absorpci vody zvyšují organická pojiva, snižují ji anorganická. Navlhání probíhá od povrchu dovnitř materiálu. Je to vratný a zdoluhavý děj, pro výrobek o tloušťce stěny 2 mm trvá 2 měsíce, pro tloušťku 5 mm trvá 1 rok. Navlhání ovlivňuje rozměrovou přesnost výrobku. Přehled navlhavosti plastů pro středoevropské klima v příloze Tabulka 7

Mezi ostatní fyzikální ukazatele patří koroze za napětí, chemická odolnost, nasákavost, viskozita, zatékavost, optické vlastnosti.

2.5.3 Tepelné vlastnosti

Obecně se dá říct, že při rostoucí teplotě klesají u všech plastů hodnoty pevnosti a modulu pružnosti a mizí mez kluzu. Charakter křivek 1 a 3 Obrázek 2.5 se mění na průběh č.2



Obrázek 2.6
Závislost δ, T některých
plastů

Délková teplotní roztažnost

Roste při zvětšování teploty. Pro různé plasty je tato hodnota velmi rozdílná. Plniva snižují teplotní roztažnost úměrně jejich obsahu v plastu.

Krátkodobá teplotní mez

Je teplota, při které plast začíná měknout a ztrácí pevnost. Této teplotě může být plast vystaven jen krátce asi 13 – 30 min bez mechanického namáhání.

Dlouhodobá teplotní mez

Je teplota, které může být plast vystaven velmi dlouho (1 000 hodin) aniž by nastalo křehnutí a trvalý pokles mechanických vlastností.

Teplota křehnutí

Udává přibližnou mez, pod níž materiál znatelně křehne, rázová a vrubová houževnatost jsou již značně nízké.

Přehled vlastností v příloze Tabulka 8 Mezi ostatní tepelné ukazatele patří měrná tepelná kapacita, tepelná vodivost, tvarová stálost za tepla.

2.5.4 Elektrické vlastnosti

Důležitý ukazatelem pro plasty užívané v elektrických zařízeních jsou jejich elektrické vlastnosti, udávané v příloze

Tabulka 9. Mezi nejdůležitější patří:

Měrný vnitřní odpor

Udává odpor materiálu vůči elektrickému proudu procházejícímu celým průřezem vzorku. Vnitřní odpor klesá s rostoucí teplotou.

Měrný povrchový odpor

Udává odpor materiálu vůči elektrickému proudu tekoucímu po povrchu. Tento povrchový proud má za následek přitahování prachu z okolního ovzduší. Pro hodnoty 10^{14} ohmů má plast značný sklon pro přijímání elektrostatického náboje. Při hodnotách 10^{12} až $10^{10} \Omega$ je sklon menší při hodnotách 10^{10} se materiál již elektrostaticky nenabíjí. Navlhání plastů a působení okolí vlhkosti snižuje tento odpor.

Elektrická pevnost

Udává napětí, při kterém dojde k el. průrazu stěny vzorku tloušťky 1 mm. Elektrická pevnost klesá s rostoucí tloušťkou stěny a s rostoucí teplotou.

Odolnost proti plazivým proudům

Je odolnost materiálu proti vytvoření termicky poškozené stopy následkem průchodu povrchového el. proudu, tj. jeho schopnost odolávat současně vlhkosti, nečistotám a elektrickému poli na jeho povrchu.

2.5.5 Stárnutí plastů

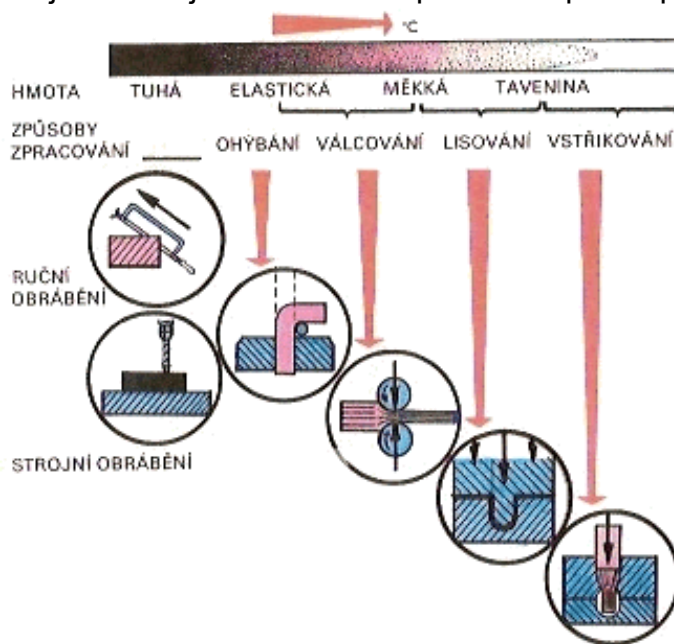
Stárnutí je souhrn nevratných změn vlastností plastu, k nimž dochází působením světla, slunce, venkovního ovzduší, kyslíku, záření a tepla. Podle toho, který z uvedených činitelů je příčinou stárnutí, mluvíme o stárnutí tepelném, oxidačním, vlivem povětrnosti a záření. Často působí několik činitelů současně a tím je celkový účinek stárnutí pronikavější. Stárnutí se projevuje trvalými změnami některých vlastností, hlavně ztrátou tažnosti a rázové a vrubové houževnatosti, někdy také snížením pevnosti, úbytkem hmoty polymeru a jiné.

[1][2][3][7][16][10]

2.6 Technologie zpracování plastů

Proces zpracování plastu výrazně ovlivňuje jakost, cenu výrobku a produktivitu. Ke zpracování plastů se používá řada technologií. Použitelnost způsobu zpracování plastů je závislá na technologických vlastnostech zpracovávaného plastu, na tvaru a funkci výrobku, kterou má během své životnosti plnit. Plasty se zpracovávají při takových termodynamických podmínkách, které umožňují dodat jim požadovaný tvar, aniž by byly nepříznivě ovlivněny jejich fyzikální nebo mechanické vlastnosti.

K nejrozšířenějším metodám zpracování plastů patří:



Obrázek 2.7
Rozdělení technologií
zpracování plastů

2.6.1 Válcování, odlévání, tvarování

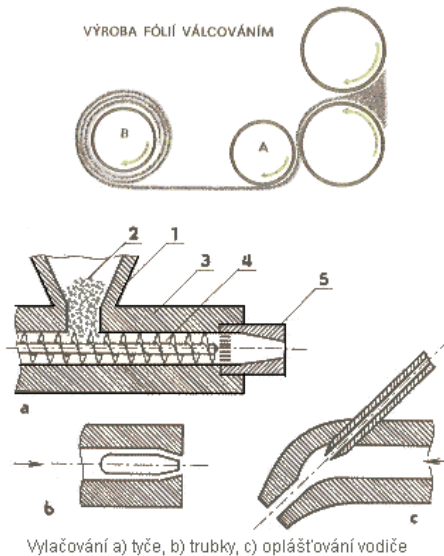
Válcování je technologický způsob, který se používá hlavně k přípravě fólií, podlahovin, koženek. Slouží také k nanášení polymerů a k míchání. Každým průchodem materiálu mezi dvojicí válců se zlepšuje kvalita prohnětení a kvalita povrchu.

Odlévat se dají jak termoplasty, tak i reaktoplasty. Základem této technologie je převedení polymeru do stavu, kdy je hmota velmi dobře tekutá. Podle pohybu formy se odlévání dělí na gravitační, rotační a odstředivé.

Tvarování je výrobní postup, u kterého polotovar ve tvaru desky nebo fólie mění svůj tvar bez většího přemísťování částic hmoty. Vždy se jedná o výrobky jednoduchých tvarů a bez velkých nároků zejména na rozměrovou přesnost.

2.6.2 Vytlačování

Vytlačování patří k objemově nejrozšířenějším technologiím sloužícím převážně k výrobě polotovarů. Principiálně se jedná o technologickou operaci, při níž je materiál v plastickém stavu kontinuálně vytlačován „hlavou“ různého tvaru do volného prostoru. Vytlačování se používá k výrobě plných profilů jednoduchých i tvarově složitých, k výrobě trubek, fólií, vláken, desek a na opláštování. Používá se k vytváření izolací plastů na vodičích.

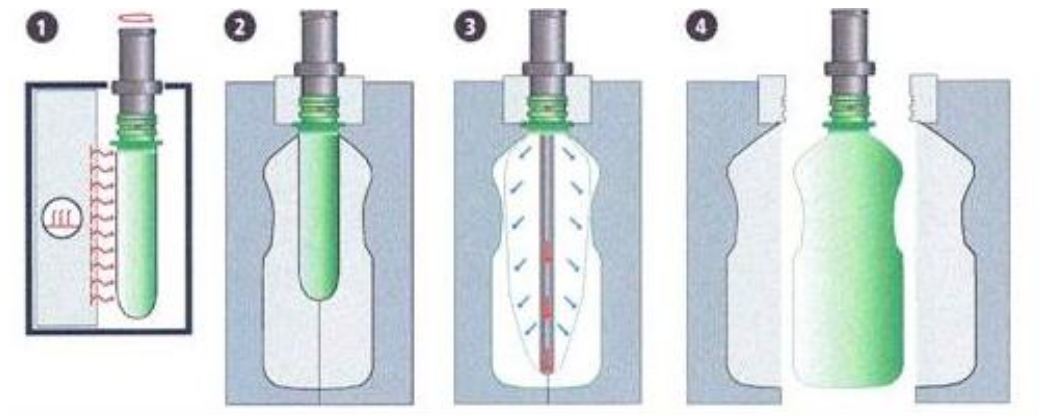


Obrázek 2.8
Princip vytlačování

2.6.3 Vyfukování

Vyfukováním se rozumí takový postup, při kterém je polotovar (předlisek) tvarován ve vyfukovací formě přetlakem vzduchu do tvaru více méně uzavřeného tělesa. Materiál se musí zahřát do plastického stavu, kdy hmota vykazuje potřebnou tvarovatelnost, ale přitom si ještě udržuje dostatečnou soudržnost.

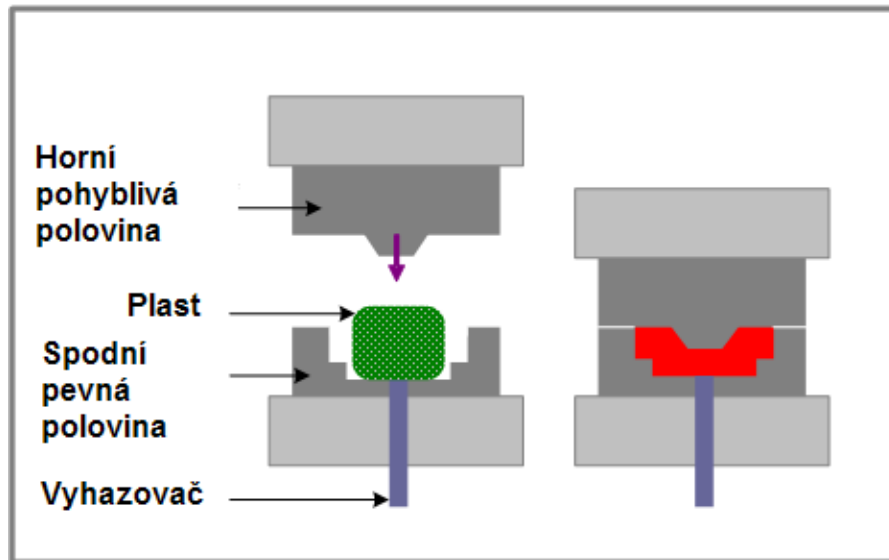
Vstříkovací vyfukování se používá k výrobě dutých těles menších rozměrů a s velmi členitým tvarem.



Obrázek 2.9
Princip vyfukování

2.6.4 Lisování

Lisování a přetlačování plastů jsou dva základní technologické způsoby, které byly používány jako jedny z prvních postupů na zpracování plastů. Převážně jsou užívány pro zpracování reaktoplastů. V současné době jsou tyto technologie nahrazovány vstřikováním, neboť se výrazně zkracuje celkový výrobní cyklus, odpadají dodatečné operace, snižuje se prašnost, apod.



Obrázek 2.10
Princip lisování

2.6.5 Vstřikování

Vstřikování je termodynamický cyklický proces tváření plastů při kterém je dávka zpracovávaného materiálu vstříknuta velkou rychlostí do uzavřené dutiny formy, kde ztuhne ve finální výrobek. Výhody vstřikování jsou krátký čas cyklu, schopnost vyrábět složité součásti s dobrými tolerancemi rozměrů a velmi dobrou povrchovou úpravou.

Postup vstřikování je následující: plast ve formě granulí je nasypán do násypky. Šnekem (pístem) je granulát nabírán a dopravován do tavicí komory, kde za současného účinku tření a zahřívání elektrickým topením plast taje a vzniká tavenina. Tato tavenina v tekutém stavu je následně vstřikována do dutiny formy tlakem až 250 MPa. Tavenina zcela zaplní dutinu a zaujme její tvar. Následuje tlaková fáze pro snížení smrštění a rozměrových změn. V další fázi plast předává formě teplo a při ochlazování ztuhne ve finální výrobek. Po dostatečně dlouhé době dané technologickými požadavky se forma otevře a výrobek je vyhozen z dutiny. Tento cyklus se opakuje.

Vstřikovací cyklus tvoří sled přesně specifikovaných úkonů. Jedná se o proces neizotermický, během něhož plast prochází teplotním cyklem.

[10][17]

2.7 Závěr z kapitoly

Na základě popsaných vlastností plastů a jejich chování se pro zadanou aplikaci nejvíce hodí materiály označené ABS, PA, a PBT.

ABS – nízká cena a dobré zpracovatelské vlastnosti, nevýhodou je jeho nižší mechanická odolnost, vhodné použití pro „hobby“ výrobky

PA - v kombinaci se minerálními plnivý, (skleněné vlákna) je polyamid ideální plast pro podobné aplikace, jeho nevýhodou je složitější technologie zpracování (sušení).

PBT - Patří mezi dražší plasty, jeho cena je však vyvážena jeho vlastnostmi, jeho další nevýhodou je obtížnější liso-technické zpracování zapříčiněné vyšší viskozitou.

Pro moji diplomovou práci jsem zvolil použití Polyamidu 6.6 s plnivem 20% skelných vláken, označení PA6.6+GF20. Z velkého množství výrobců jsem zvolil světového výrobce DuPont a jeho materiál: Zytel® 70G20HLS NC010

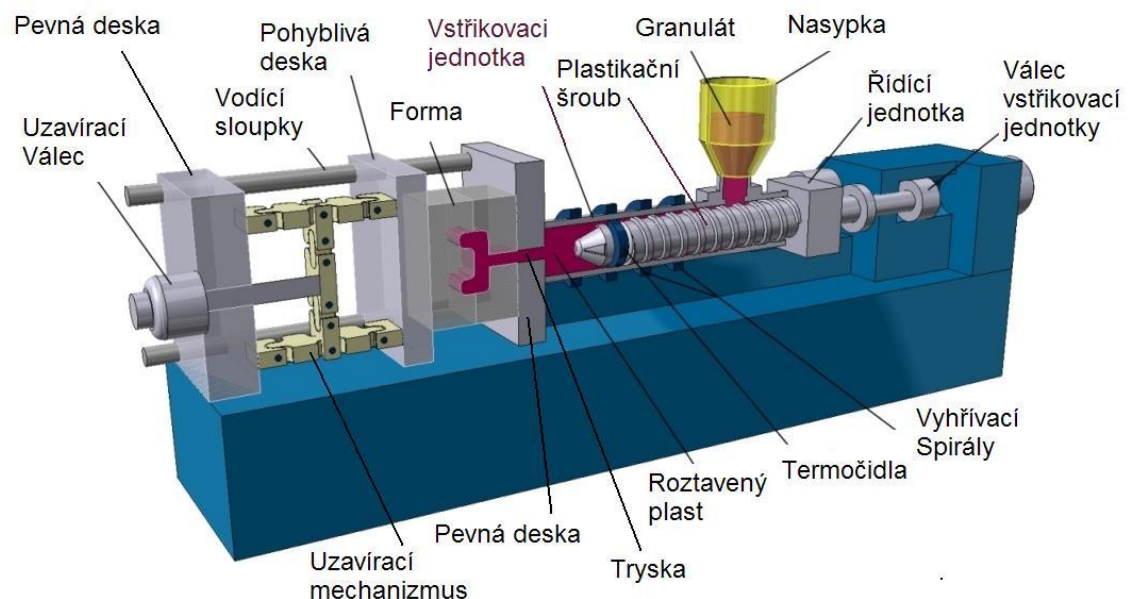
Jedinou použitelnou technologií pro výrobu dílce je vstřikování, za jistých okolností a po technologických úpravách by bylo možné použít i lisování. Tento plast je však určen přímo pro zpracování vstřikováním, pro jeho obsah plniv, hlavně retardéru hoření. Princip a požadavky na konstrukci nástroje pro vstřikování viz. Následující kapitola.

3 Konstrukční provedení vstřikovacích strojů

Vysušený plastový granulát se nasype do násypky stroje, ze které jej odebírá plastikací válec. Granulát se vstřikovacím lisem nejprve nahřeje na teplotu plastifikace, kdy je materiál téměř tekutý, a takto připravený se následně vstříkne do tvarové formy, která dá výrobku požadovaný tvar. Po odlisování a následném zchladnutí výstřiku je forma rozevřena a díl je vyhozen z formy. Touto technologií vznikají rozměrově přesné a tvarově složité výrobky.

Nejběžnějším typem strojů je horizontálními vstřikovací lis s jednou vstřikovací komorou, do kterého se upíná forma dělená vertikální dělicí rovinou. Hotové výrobky mohou volně padat do prostoru pod lisem nebo mohou být odebírány z vrchu manipulátorem. Tento proces se dá jednoduše automatizovat.

Nejrozšířenějším typem stroje je vstřikovací lis s tzv. sloupkovým uzávěrem viz Obrázek 3.1. Mezi dvěma ocelovými deskami, které jsou pevně spojeny čtyřmi tyčemi v jejich rozích, je po sloupcích nebo rámu stroje vedena pohyblivá deska. Její přesuvný mechanismus se opírá o jednu z pevných desek. Na čelo druhé pevné desky a čelo pohyblivé desky se upíná forma.



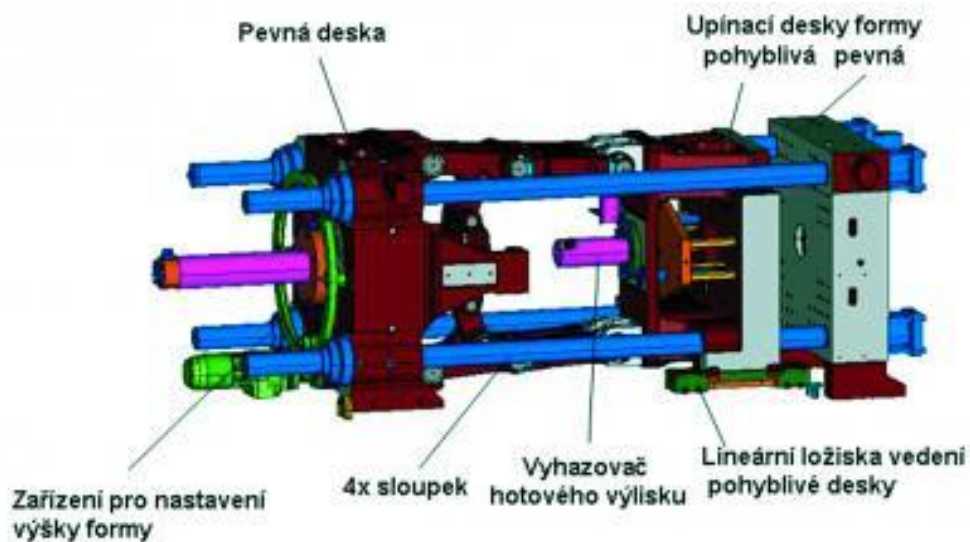
Obrázek 3.1
Vstřikovací stroj

Konstrukční provedení lisu neumožňuje plné přiblížení pevné a pohyblivé desky, proto při maximálním zavření zůstává mezi oběma deskami prostor, který udává minimální výšku formy. Naopak při přestavení pohyblivé desky do její zadní polohy udává vymezený prostor maximální výšku nástroje.

Obě desky jsou opatřeny otvory pro středící kroužky sloužící k vycentrování obou polovin nástroje vůči sobě. Jejich průměr je dalším parametrem, který je potřeba respektovat při konstrukci.

Vstřikovací stroje bývají opatřeny vyhazovací tyčí, jenž slouží k ovládání vyhazovacího mechanismu formy. Zdvih pístu udává maximální vyjetí vyhazovačů. Tento parametr spolu s druhem závitu není pro konstrukci příliš podstatný, neboť výška zdvihu bývá malá.

Důležitým parametrem je odjezd pohyblivé upínací desky. Je to dráha, kterou vykoná deska lisu a o kterou se od sebe oddálí poloviny nástroje. Tato vzdálenost vymezuje prostor pro vyhození vylisku, popřípadě i prostor pro manipulátor. Tento parametr se dá v určitém rozmezí nastavit tak aby se zmenšil odjezd a zkrátila se doba cyklu.



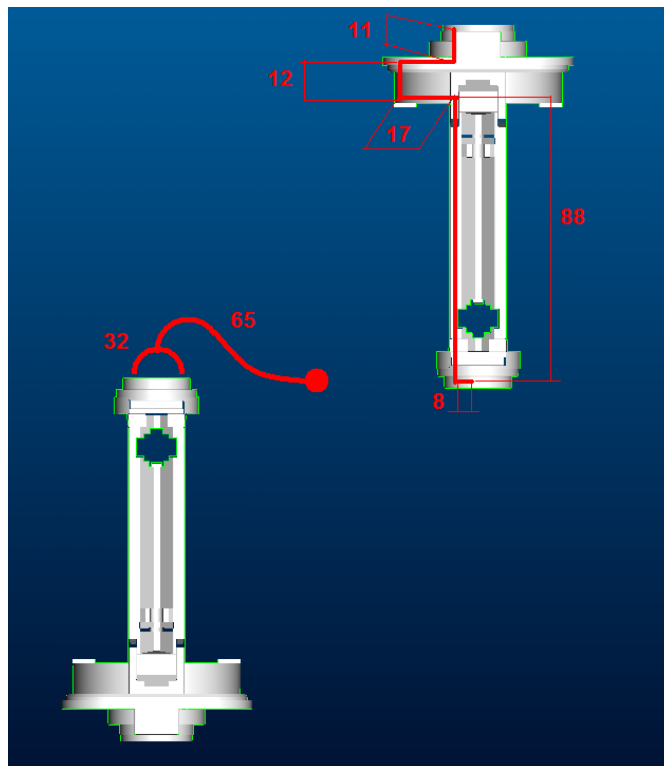
Obrázek 3.2
Vnitřní uspořádání Stroje

[5][10][3]

4 Základní technologické parametry lisování

4.1 Výpočet vstřikovacího objemu

- **Výpočet objemu V [cm³] plastového dílce:**
Za použití programu Pro Engineer byl naměřen objem plastového dílce:
 $V = 21.57 \text{ cm}^3$
- **Výpočet hmotnosti G [g] plastového dílce:**
materiál PA 6.6 + 20% GF hustota $1,29 \text{ g/cm}^3$
 $G = V \cdot \rho = 21.57 \cdot 1.29 = 27.85 \text{ g}$
- **Výpočet velikosti dávky V [mm] (vstřikovaného objemu výrobku)**
 $V_D = G/K_a [\text{cm}^3]$
 K_a ... faktor navýšení objemu taveniny plastu. $K_a = 1.15$ přibližná hodnota získaná z Tabulka 10, porovnáním nejbližších příbuzných materiálů.
 $V = 27.85/1.15 = 24.21 [\text{cm}^3]$
- **Výpočet předběžného objemu rozváděcího kanálu**



Obrázek 4.1
Vtokové schéma

Objem kanálku:

$$V_K = 0.7854 \cdot 10^{-3} \cdot D_K^2 \cdot L \quad [\text{cm}^3]$$

Průřez kanálku

$$D_K = D' \cdot K_1 \cdot K_2 \quad [\text{mm}]$$

K_1 ... koeficient tekutosti materiálu, odečteno z

Tabulka 11.

K_2 ... koeficient délky rozváděcího kanálku, odečteno z

Tabulka 11.

$$D' = f(G, s),$$

G ... hmotnost výstřiku [g]:

s ... průměrná tloušťka stěny výstřiku, $s = 2.5$ [mm]

L ... požadovaná délka kanálků, $L = 97$ [mm] viz

Obrázek 4.1 **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

$$V_K = 0.7854 \cdot 10^{-3} \cdot (4.13 \cdot 1.12 \cdot 1.12)^2 \cdot 97 = 2.04 \text{ cm}^3$$

- **Výpočet předběžného vstřikovacího objemu**

$$V_D = n_p \cdot (V + V_K) \quad [\text{cm}^3]$$

n_p ... násobnost formy, $n_p = 2$

$$V_D = 2 \cdot (21.57 + 2.04) = 47.22 \approx 50 \text{ [cm}^3]$$

[6]

4.2 Výpočet uzavírací síly

- **Výpočet minimálního vstřikovacího tlaku**

$$p_f = 3 \cdot K_f \cdot f_C \cdot s^{-1.6} \text{ [bar]}$$

K_f ... faktor schopnosti tečení taveniny plastu $K_f = 1.7$ přibližná hodnota získaná z Tabulka 10, porovnáním nejbližších příbuzných materiálů.

f_C ... délka dráhy taveniny, $f_C = 153$ [mm] viz

Obrázek 4.1 **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

s ... průměrná tloušťka stěny výstřiku, $s = 2.5$ [mm]

$$p_f = 3 \cdot 1.6 \cdot 153 \cdot 2.5^{-1.6} = 169.5 \text{ [bar]}$$

- **Stanovení doporučeného vstřikovacího tlaku**

Musí být splněna podmínka $p_V > p_f$

$p_V = 1100$ [bar] z Tabulka 12

- **Výpočet tvářecího tlaku**

Pro výpočet uvažujeme pouze hlavní část držáku, zadní část je vzhledem ke geometrické členitosti a změnách průřezu stěny pro analytický výpočet nevhodná.

$$p_V / f_C = p_A / f_C - 0.5 \cdot f_A \Rightarrow p_A = p_V \cdot (f_C - 0.5 \cdot f_A) / f_C \text{ [bar]}$$

f_C ... délka dráhy taveniny, $f_C = 153$ [mm] viz.

Obrázek 4.1

f_A ... kolmá dráha taveniny, $f_A = 8$ [mm] viz.

Obrázek 4.1

$$p_A = 1100 \cdot (153 - 0.5 \cdot 96) / 153 = 755 \text{ [bar]}$$

- **Výpočet uzavírací síly**

$$F_p = A \cdot (p_A + 100) / 100 \text{ [kN]}$$

A ... plocha průřezu tvarové plochy jedné dutiny včetně rozváděcího kanálku do dělicí roviny $A = 3137 \text{ [mm}^2\text{]}$ vypočítáno pomocí programu proengineer.

$$F_p = 62.74 \cdot (755 + 100) / 100 = 533 \text{ kN}$$

[6]

4.3 Výpočet šneku stroje

- **Určení optimálního průměru šneku vstřikovacího stroje**

$$7.5 \cdot \sqrt[3]{V_D} < D_S < 10.5 \cdot \sqrt[3]{V_D} \text{ [mm]}$$

$$7.5 \cdot \sqrt[3]{50} < D_S < 10.5 \cdot \sqrt[3]{50}$$

$$27.6 < D_S < 38.6$$

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

Vhodné průměry šneku pro danou úlohu jsou o velikostech 30 a 35 mm. Volím rozměrovou řadu 35 mm.

- **Stanovení délky dráhy pohybu šneku**

Musí být splněna podmínka $D_S < L_S < 3 \cdot D_S$.

$$L_S = 1273 \cdot V_D / D_S^2 \text{ [mm]}$$

$$L_S = 1273 \cdot 50 / 35^2 \approx 52 \text{ [mm]}$$

$$35 < 52 < 105$$

Zvolený průměr šneku vyhovuje.

- **Určení otáček šneku vstřikovacího stroje pro plastikaci**

$$n_S = (60 \cdot 10^3 \cdot v) / \pi D_S \text{ [1/min]}$$

v ... maximální obvodová rychlost šneku, $v = 0.3 \text{ [m/s]}$ přibližná hodnota získaná z Tabulka 10, porovnáním nejbližších příbuzných materiálů.

$$n_S = (60 \cdot 10^3 \cdot 0.3) / 3.14 \cdot 35 \approx 164 \text{ min}^{-1}$$

[6]

4.4 Výpočet časů cyklů formy

- **Výpočet doby chlazení**

$$\frac{s^2}{\pi^2 \cdot a_{eff}} \cdot \ln \left(\frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{T_m - T_F}{T_E - T_F} \right) \text{ [s]}$$

$T_{M;F;E}$... teploty z materiálového listu a viz příloha

$$T_m = 295^\circ\text{C}; T_F = 100^\circ\text{C}; T_E = 140^\circ\text{C}.$$

a_{eff} ... měrná teplotní vodivost použitého plastu, $a_{eff} = 0.086 \text{ [mm}^2\text{/s]}$ přibližná hodnota získaná z Tabulka 10 porovnáním nejbližších příbuzných materiálů.

s ... průměrná tloušťka stěny výstřiku, $s = 2.5$ [mm]

$$t_k = \frac{2.5^2}{3.14^2 * 0.086} * \ln\left(\frac{8}{3.14^2} * \frac{295 - 90}{140 - 90}\right) = 8.84 \text{ [s]}$$

- **Výpočet doby vstřikovacího cyklu**

$$t_c = t_v + t_k + t_N \text{ [s]}$$

t_v ... Doba vstřikování, $t_v = 1.5$ hodnota získaná z Tabulka 13

t_N .. vedlejší čas se volí v rozmezí 3 až 5 s.

$$t_c = 1.5 + 8.84 + 5 \approx 16 \text{ [s]}$$

- **Výpočet vstřikovací rychlosti**

$$v_s = V_D / t_v \text{ [cm}^3/\text{s]}$$

$$v_s = 50 / 1.5 = 33.33 \text{ [cm}^3/\text{s]}$$

- **Výpočet průchodu materiálu ze stroje do formy**

$$G = 3.6 * V_D * \rho / t_c \text{ [kg/h]}$$

$$G = 3.6 * 50 * 1.29 / 16 \approx 14.5 \text{ [kg/h]}$$

- **Výpočet tepla vneseného taveninou plastu do formy**

$$Q = G * \Delta h \text{ [KJ / h]}$$

Δh ... Rozdíl entalpií, $\Delta h = 550$ přibližná hodnota získaná z Tabulka 10, porovnáním nejbližších příbuzných materiálů.

$$Q = 14.5 * 550 = 2475 \text{ KJ / h}$$

[6]

4.5 Závěr z kapitoly

Z vypočítaných analytických vzorců vyplývá nutnost použití vstřikovacího stroje, který je schopen při provozu zajistit minimální uzavírací sílu 533 KN. Stroj musí být opatřen plastikačním šnekem o průměru 35 mm. Stroj musí být vybaven chladícím agregátem, který je schopen odvést teplo o velikosti 2475 KJ / h.

Z modelových řad různých světových výrobců strojů na vstřikování plastů, jsou nejmenší možné stroje odpovídající těmto parametrům:

Arburg	ALLROUNDER 320 C
Demag	Systec 80/420-200
Batenfeld	HM 65t
Engel	Victory 110
Ferromatik	K-Tec 60

Pro modelový příklad byl zvolen Výrobce Demag a stroj Systec 80/420-200, jedná se o první stroj osazený plastikacím šnekem o průměru 35 mm. Technické parametry stroje v příloze. Hlavní parametry potřebné pro konstrukci nástroje jsou uvedeny v tabulce:

Světlost mezi sloupky	420 mm
Minimální výška formy	150 mm
Maximální výška formy	700 mm
Maximální rozevření stroje	450 mm
Dráha vyhazovací tyče	150 mm
Průměr středících kroužků ST	125 mm
Průměr středících kroužků SV	125 mm
Maximální vyjetí trysky stroje	40 mm

5 Analýza plnění

Pro analýzu plnění byl zvolen program Moldflow Insight 2010. Pro analýzu byl použit plnohodnotný model včetně smrštění importovaný z programu ProEngineer. Model ve formátu stl byl tvořen 6566 poligony. Vtokování bylo modelováno bez vtokové soustavy, nastavení parametrů bylo ponecháno na v automatickém režimu. Na výpočtový model byly navrženy dva chladicí okruhy průměru 8 mm.

Machine Setup

Injection Machine Setup Sheet

General Information

Project Name: diplomka_study_1.udm
Version: mpi610
Date: Wed Apr 20 09:24:50 2011
Processing Type: Thermoplastics injection molding
Machine Name: Default injection molding machine
Material Name: Zytel BM70G20HSLX BK357 : DuPont Europe

Machine Specification:

Maximum pressure: 180.0000 Mpa
Screw intensification ratio: 10.0000
Machine response time: 0.010 s
Machine maximum clamp force: 7000.2198 tonne

Temperature Settings

Melt temperature: 290.0000 C
Mold cavity_side temperature: 90.0000 C
Mold core-side temperature: 90.0000 C

Injection Settings

Injection control method: Injection Time
Injection Time: 1.5000 s
Nominal Flow rate: 14.1418 cm³/s

Packing pressure profile

Duration (s)	Pressure (MPa)
0.0000	42.6162
2.1909	42.6162

Cooling time: 20.0162 s

Results from Flow Analysis

Total volume of the part and cold runners: 21.2126 cm³
Switch-over Pressure: 53.2702 Mpa
Maximum clamp force required: 7.7486 tonne

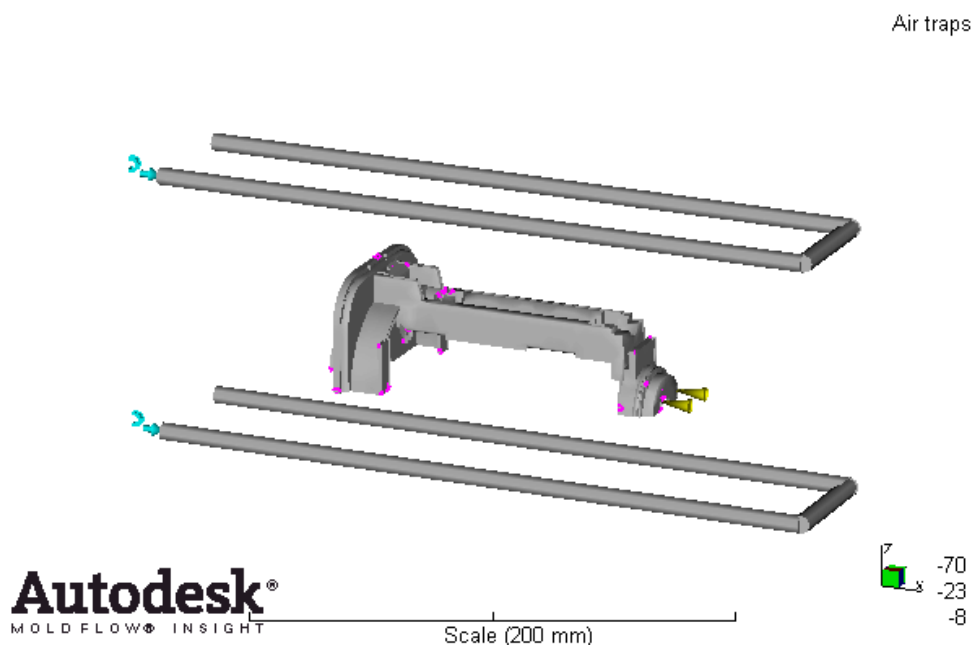
Obrázek 5.1
Nastavení stroje

Z údajů získaných z Obrázek 5.1 je patrný rozdíl některých vypočítaných a simulovaných parametrů. Přehled v Tabulka 1

Veličina	Porovnávání hodnoty	
	Analytický výpočet	Simulace
Vstřík. objem [cm ³]	47.2	42.4 (bez vt. zbytku)
Uzavírací síla [kN]	533	154
Čas chlazení [s]	8.8	20
Čas vstřikování [s]	1.5	1.5
Teplota taveniny [°C]	295	290
Teplota formy [°C]	100	90

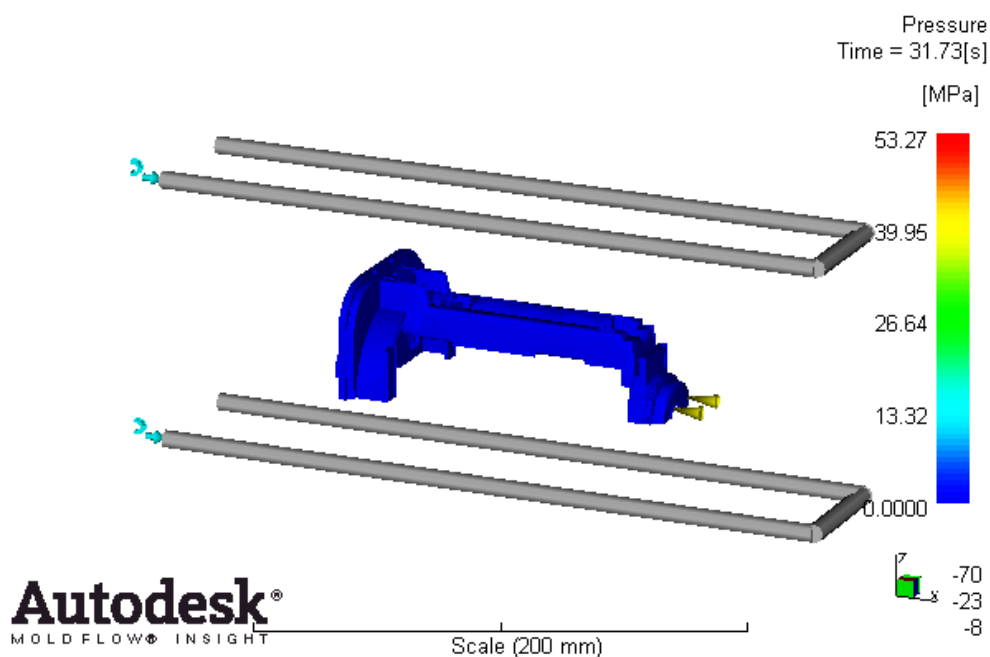
Tabulka 1
Porovnání analytických a simulačních hodnot

- Uzavírání vzduchu
je velice důležitý parametr pro kvalitní návrh formy. Udává pozice hromadění vzduchu při plnění dutiny formy. Pokud by tato místa nebyla odvzdušněna, hrozil by vznik diesel efektu a podstatné zhoršení vstřikovacích parametrů a s tím související snížení produktivity. Na základě této analýzy byly v nástroji navrženy některé vložky.



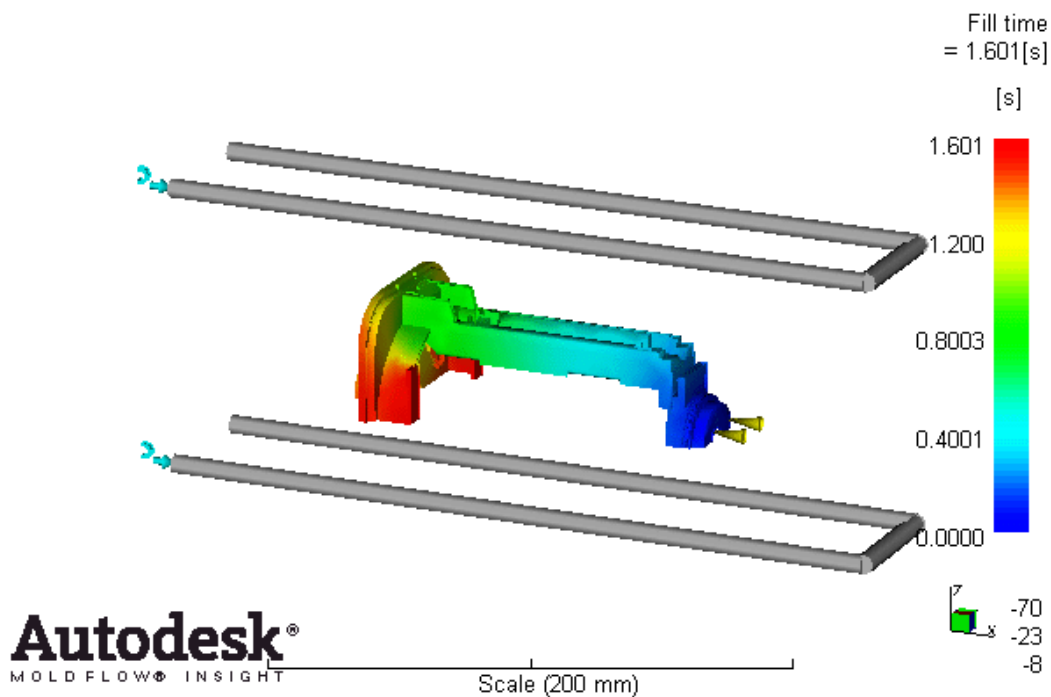
Obrázek 5.2
Uzavírání vzduchu

- Rozložení tlaku
Oproti vypočítaným hodnotám tlaku 75 MPa je simulovaná hodnota 53 MPa o něco nižší, což by mělo příznivější vliv na životnost násroje.



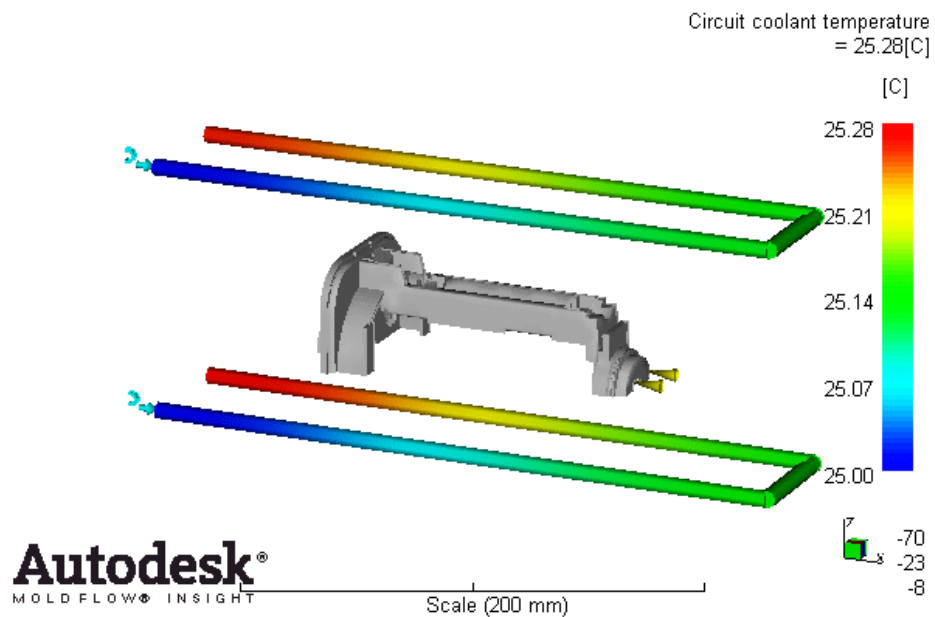
Obrázek 5.3
Rozložení tlaku v dutině

- Čas plnění
Pro čas plnění udávají oba přístupy přibližně shodné hodnoty.



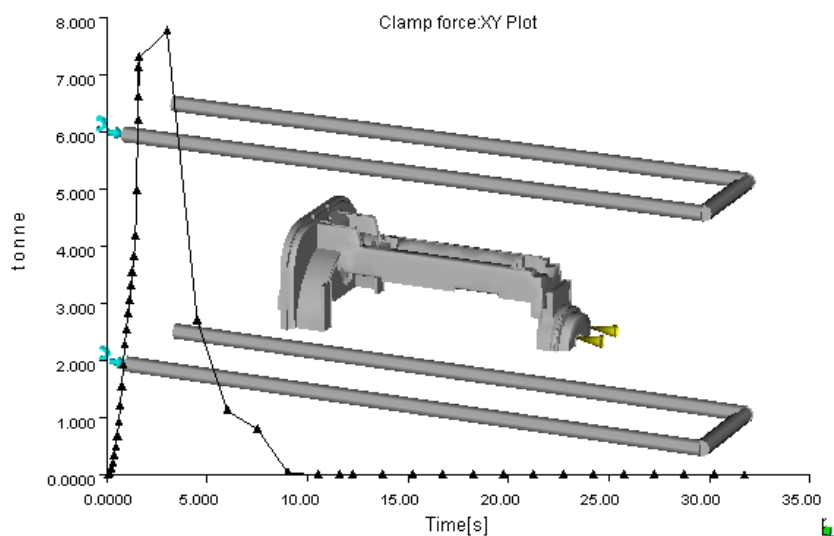
Obrázek 5.4
Čas plnění dutiny

- Teplota chladicí kapaliny
Simulovaná hodnota teploty vstupující kapaliny 25°C nám dává dobu chlazení 20 s za předpokladu uvažování rozložení temperančních kanálů dle schématu a ideálního odvodu tepla.



Obrázek 5.5
Teplota chladicí kapaliny

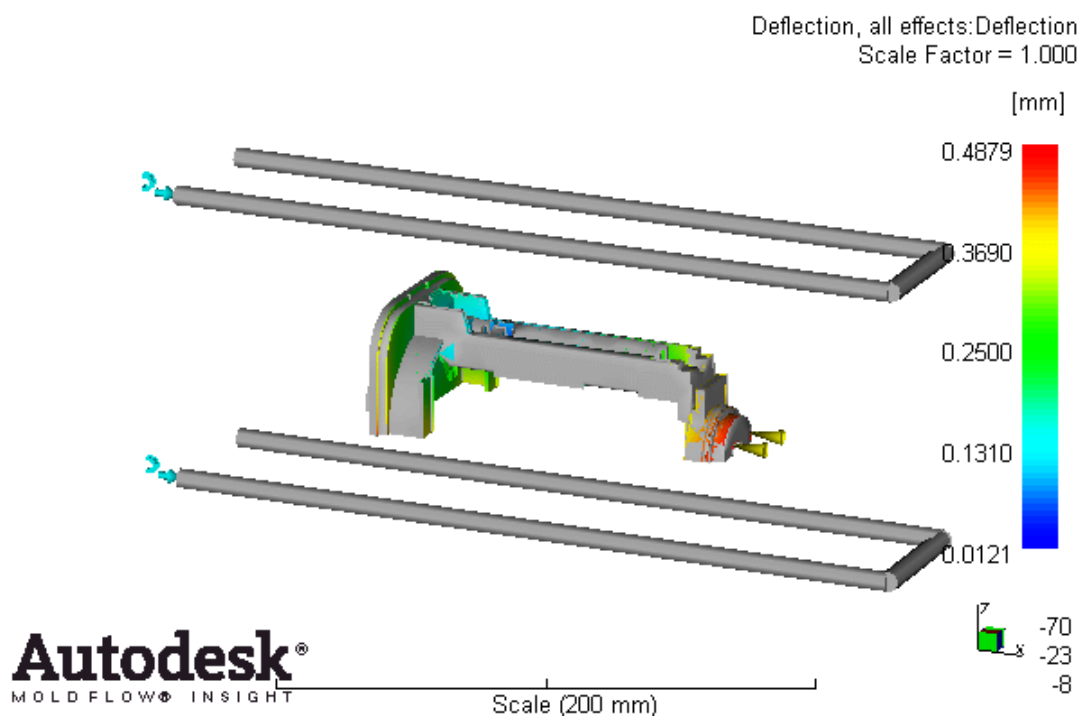
- Uzavírací síla
Simulace vstřikování ukázala výrazné předdimenzování tohoto parametru při analytickém výpočtu. Pokud by se u konkurenčního výrobce našel stroj s nižší uzavírací silou a plastikačním šnekem průměru 35mm, nebo pokud by bylo možné osadit stroje Demag jiným typem plastikační jednotky než uvádí katalog, byla by to cesta jak výrazně ušetřit prostředky při provozu nástroje.



Obrázek 5.6
Uzavírací síla

- Celková deformace

Celková deformace dílu se pohybuje do 0.5 mm což je velikost, která zcela jistě přesáhne dovolené výkresové tolerance. Při návrhu a výrobě bude třeba funkční a sledované plochy nadsadit o tuto hodnotu tak, aby byl prostor pro pozdější optimalizaci.



Obrázek 5.7
Celková deformace

Provedená analýza plnění není plnohodnotnou náhradou reálného procesu při výrobě. Nastavení parametrů bylo ponecháno zcela na použitém softwaru. V reálném procesu by bylo možno regulovat jednotlivé hodnoty a sledovat změnu výsledného produktu. Vypočítaná simulace nám však dá zevrubnou představu o chování plastu při plnění dutiny a je schopna nám poskytnout podklady pro kvalitnější návrh nástroje.

6 Nástroj – návrh

Forma na zpracování plastu je nástroj upnutý na vstřikovací stroj. Je určený pro velkosériovou výrobu, jehož hodnota se pohybuje od stovek tisíc až po desítky milionů korun. Těmto pořizovacím nákladům odpovídá i úroveň zpracování a použité materiály.

Nástroj se skládá ze dvou hlavních částí, pevné a pohyblivé poloviny. Pevná polovina je připevněna na nepohyblivou část lisu aby mohla vést plast tryskou. Někdy se pevná polovina opatřuje vyhazováním. Pohyblivá polovina je upevněna na pohyblivé desce lisu a zpravidla obsahuje vyhazovače. Obě poloviny mají oddělené chlazení, při zavírání se navzájem středí středícími prvky.

Tvarové části nástroje jsou obrobeny s přesností 0.01 mm konvenčními metodami frézován a broušen, popřípadě jsou doplněny u komplikovanějších tvarů o elektro-erozivní obrábění hloubením a drátovým řezáním. Pro pohledové tvarové plochy, u kterých je kladen velký důraz na vzhledovou kvalitu, se užívá ručního leštění, popřípadě narušování povrchu chemickou texturou.

Dílenské zpracování tvarových částí, potažmo jejich povrchu má přímý vliv na konečnou kvalitu výsledného produktu. Jejich hrubé obrobení, nebo nedokonalé slícování příslušných ploch mívá za následek vzhledové vady, které bývají pro zákazníka neakceptovatelné. Tyto vady se pak pracně a nákladně odstraňují. Proto je důležité věnovat výrobě těchto dílců pečlivou pozornost.

Nástroje pracují za zvýšených teplot obvykle kolem 90°C, pro některé plasty je potřeba dosáhnout provozní teploty i 150°C. Takovéto formy se vytápí tlakovým olejem. Samy vstřikované materiály obsahují množství přísad, které rozrušují povrchové vrstvy kovů a mohou vést k jeho úplné degradaci. Proto byly postupně vyvinuty takové materiály které dokázaly pracovat za zvýšených teplot v chemicky agresivním prostředí. Nejznámější z nich se označují jako nástrojové oceli, a spolu s nimi je vyvinuto mnoho materiálu neželezných kovů, které se svými specifickými vlastnostmi (hlavně dobrá tepelná vodivost) hodí pro použití na drobné tvarové díly.

Samozřejmostí pro nástroje je jeho dlouhá životnost udávaná ve zdvizech stroje. Běžně se tato hodnota pohybuje až v hodnotách 2 000 000 zdvihu. Aby byly zachovány dobré mechanické vlastnosti a životnost dílů, používá se pro součásti náchylné na opotřebení tepelné zpracování (nejčastěji kalení) a chemické a elektrochemické zušlechťování (nitridování, povlakování). Na plochy dosedající pohyblivě k jiné součásti jsou navrhovány mazací drážky, které zadržují plastické mazivo a brání zadření.

Vhodně navržený nástroj se vyznačuje jednoduchostí a snadnou demontovatelností, která usnadňuje údržbu. Při návrhu nástroje by se nemělo zapomínat na konstrukci demontážních ploch a závitů pro manipulační oka. Pro snadnější identifikaci se opatřují nástroje informačními štítky.

Pro návrh a konstrukci nástroje jsem zvolil program Proengineer Wildfire3 s jeho nástavbou pro tvorbu forem – Mold/Casting.

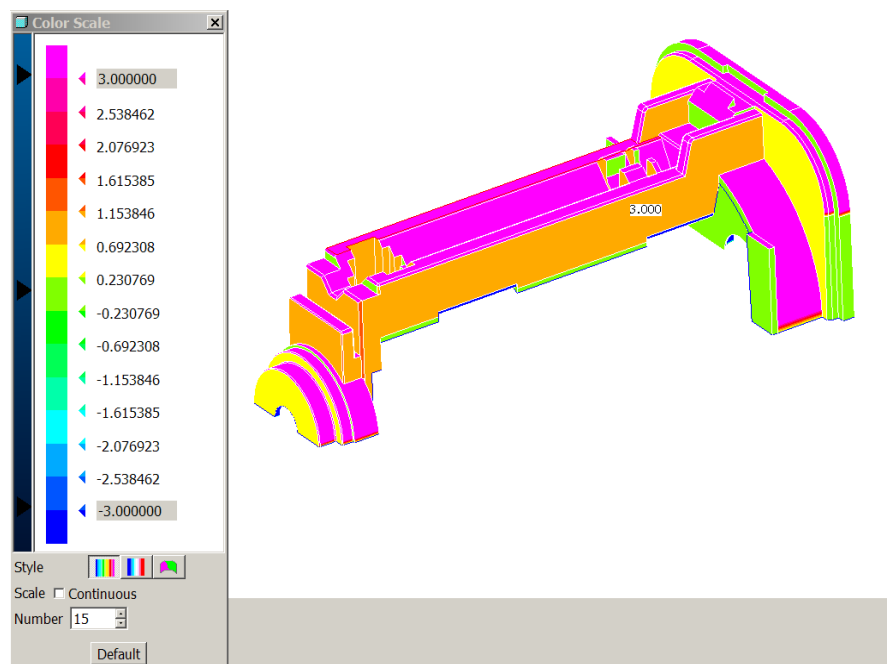
6.1 Výrobek

Vyráběné součásti je důležité umístit v nástroji vhodným způsobem tak, aby byla vtoková soustava co nejkratší, ale zároveň aby byli respektovány liso-technické požadavky na plnění dutiny. Výrobky by měly zaujímat takovou polohu, která zabrání případným problémům při vyhazování nebo vyjímání z dutiny a zároveň by jejich poloha měla tvořit co nejmenší průmět, pro dosažení co nejnižších uzavíracích sil. Zaformovaná součást by měla být větší částí v pohyblivé polovině formy tak, aby bylo zajištěno jeho spolehlivé odformování. Mnohé z těchto požadavků jsou si navzájem protichůdné a je mnohdy obtížné zvolit optimální řešení.

6.1.1 Technologické úkosy

Při chladnutí plastu dochází ke smrštění a vzniku pnutí, které negativně působí na vyhození výstřiku z dutiny. Při absenci úkosů hrozí poškození povrchu poškrábáním, popřípadě může dojít k přilnutí plastu na kov takovým způsobem, že se vyhazovací prvky vmáčknou do povrchu výstřiku a znehodnotí jej, v krajním případě výstřik vůbec nedostanou z dutiny. Mnohdy nepomůže přidání vyhazovacích prvků a dutina se musí dodatečně zaúkosovat, nebo se musí úkosy zvětšit. Toto nebezpečí hrozí zvláště u výrobků, které mají hluboké žebra, nebo je použit materiál s velkou hodnotou smrštění. V závislosti na tvaru se volí úkosy v rozmezí $0.5^\circ \div 3^\circ$ pro běžné povrchy, a větší pro speciální.

Na zpracovávaném díle byla provedena analýza zaúkosování viz Obrázek 6.1, všechny důležité plochy jsou modelovány z úkosem 0.5° , tvarově složité a vysoké plochy jsou modelovány s úkosy $1^\circ - 2^\circ$ což zaručuje dobrou odformovatelnost. Některé malé plošky neobsahují úkos, vzhledem k jejich velikosti a poloze na pevné straně, nepředstavují potenciální problém pro vyhození.



Obrázek 6.1
Analýza
úkosů

6.1.2 Smrštění plastu

Je jev, který se vyskytuje u všech plastů. Rozměr výrobku a dutiny bezprostředně po vyhození je rozdílný, a rozdíl rozměru dále roste spolu s dosmrštěním. Pokud požadujeme přesný rozměr, musí být dutina vyrobena v příslušném místě větší právě o smrštění. Tento požadavek je v praxi velmi obtížné dodržet, protože velikost smrštění se mění v závislosti na geometrii, směru tečení, chlazení a dotlaku. Experimentálně byly zjištěny průměrné hodnoty smrštění, které jsou udávány v materiálovém listu každého plastu. Hodnoty smrštění mohou být isotropní (stejně ve všech směrech) nebo anizotropní (udáváno příčné a podélné).

Pro navrhovaný plast výrobce udává hodnoty podélného smrštění 0.4% a příčného 1.2%. S ohledem na polohu vtoku a simulaci plnění bylo použito smrštění 0.4% pro směr X reprezentující hlavní směr modelu, pro oba zbývající směry bylo použito smrštění 1.2%.

6.2 Tvarové části

Všechny tvarové části spolu vytváří dutinu, jejíž otisk je tvarem výstřiku. Návrh dělicí roviny kolem dílu je volen tak, aby se docílilo co nejjednoduššího odformování dílu ale zároveň aby se snížila pracnost opracování jednotlivých komponent na minimum.

Každá forma obsahuje minimálně dvě části, vrchní a spodní, které jsou obvykle označovány jako tvárník a tvárnice. Vzhledem ke složitosti dílce, se mohou různé části těchto tvarů vyrábět samostatně a poté se do nich vkládat. Mluvíme pak o jádrech popřípadě vložkách. Pokud tvarové části tvoří převis (obvykle otvor v boční stěně výrobku, nálietek apod.) je nutné použít složitější mechanismy pro jejich odformování a to buď šikmé jádro které vyjíždí pod úhlem, nebo boční jádro označované jako šíbr nebo šupák. Občas se využívají třideskové koncepce, stírací desky nebo speciální odformovací prvky (př. výroba závitů).

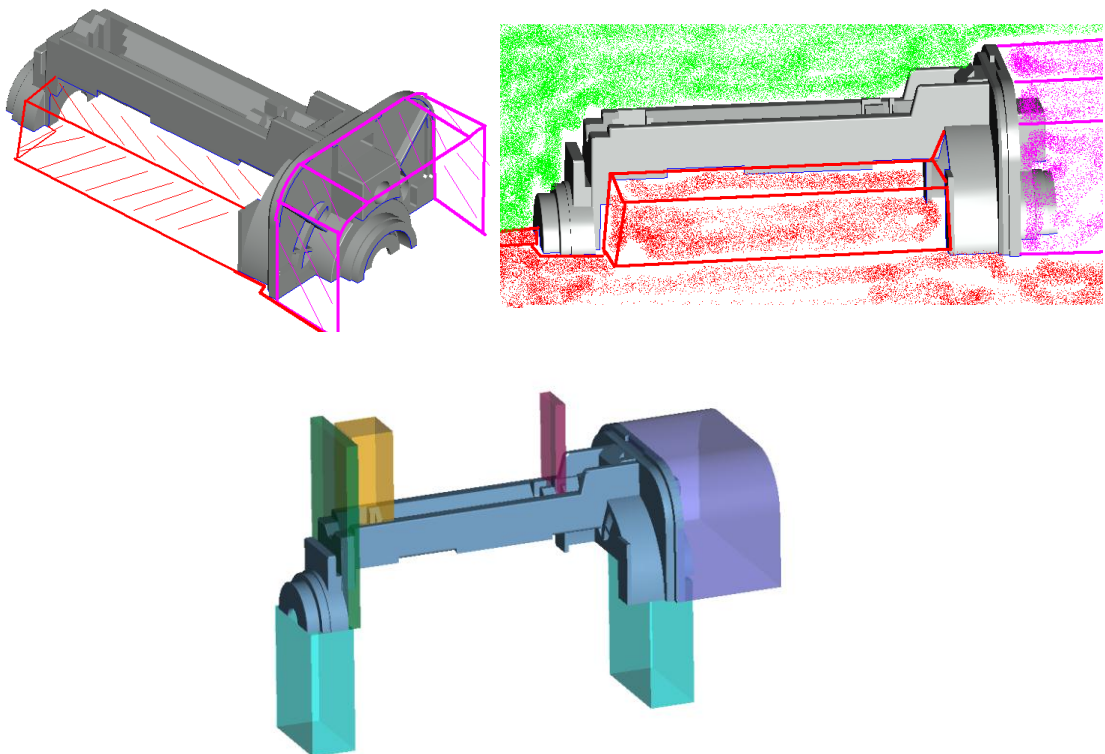
Pro svůj návrh jsem se rozhodl použít kalené vložky do měkkého rámu. Toto řešení je nákladnější než výroba tvarových rámu, s ohledem na tvarovou členitost tvárníku se mi však jeví opodstatněnou. Materiál tvarových částí byl zvolen X37CrMoV51 (1.2343; 19 552). Jedná se o nástrojovou ocel. Tato chrom - molybden - křemík - vanadová ocel určená ke kalení, s vysokou pevností za tepla a velmi dobrou houževnatostí vykazuje velmi dobrou odolnost proti vzniku trhlinek, tepelné únavě a malou citlivost na prudké změny teploty. Je vhodná pro formy, na pevné a pohyblivé díly jádra a jiné části. Nástroje pro tváření za tepla matrice, trny, čelisti a razníky.

6.2.1 Dělicí rovina

Na základě analýzy plnění a rozboru funkčních ploch součásti byl zvolen průběh dělicí roviny viz.Obrázek 6.2. Části, které byly vyhodnoceny jako funkční a u kterých by proto bylo vhodné přidat technologické přídatky pro pozdější optimalizace, byly rozděleny do menších vložek. U části výlisku, který je třeba odformovat v horizontálním směru bylo vzhledem k velikosti této plochy rozhodnuto o použití šíbru.

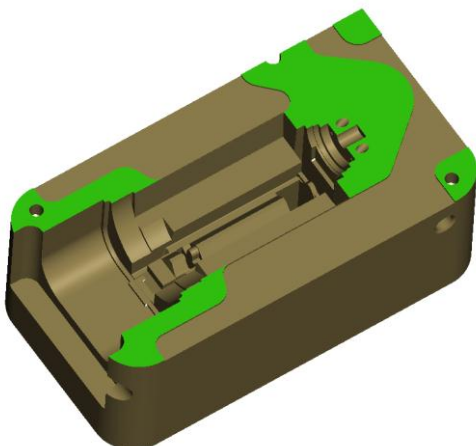
Pro zvýšení přidržovacího tlaku a zmenšení pracnosti při ručním slícování je dělicí rovina na obou stranách odlehčena tak, aby nejužší místo těsnící plochy bylo 8 mm široké. Průběh dělení převážně horizontálním směrem zohledňuje požadavky na dlouhou životnost. Přechody ve vertikálním směru jsou konstruovány tak, aby uzavírací úhel byl pokud možno větší než 5° , což je praxí ověřená hodnota, při které nedochází k zadírání stykových ploch.

V rozích tvarových vložek byly ponechány plochy reprezentující dělicí rovinu pro, snadné doměřování nedovřené dělicí roviny a zároveň pro určení rovinosti.



Obrázek 6.2
Průběh dělicí roviny

Obrázek 6.3
Tvárnice



6.2.2 Tvárnice

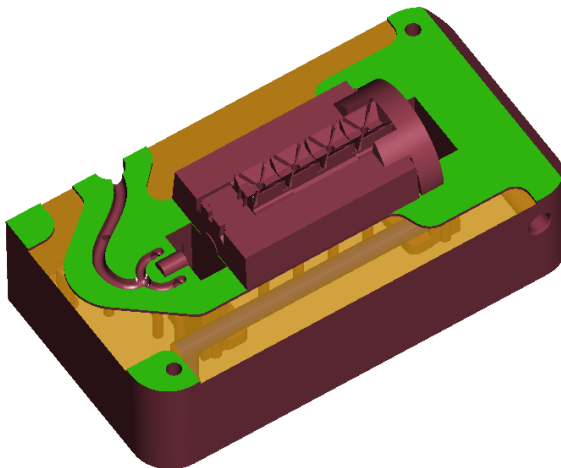
Tvoří ji blok oceli tvaru krychle. Tvarová část je částečně frézovatelná, množství ostrých hran a malých ploch si vynutí použití obrábění hloubením. Horní dosedací plochu tvoří rovina, kterou je možno přesně obrobit broušením.

Dvě oblasti byly rozděleny do vložek obdélníkového průřezu. Tyto otvory je

nutné vyrábět drátkovým řezáním. Tvárnice je opatřena chladícím okruhem o průměru 8 mm. Nejvíce namáhanou částí tvárnice je tunelové ústí, protože toto není tvořeno samostatnou vložkou, bylo předepsáno kalení o hodnotě 50+2 HRC. Tato hodnota tvrdosti by měla dostatečně odolávat abrazivním účinkům skleněného plniva obsaženého v plastu.

Pro jednodušší výrobu a lícování tvarů je vrchní část opatřena dvěma kalibryckými otvory.

Obrázek 6.4
Tvárník

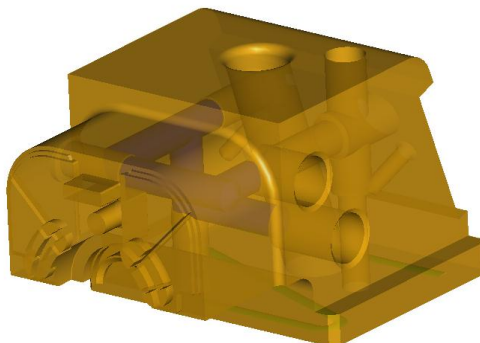


6.2.3 Tvárník

Stejně jako tvárnici, i tvárník tvoří v základu blok oceli ze kterého v horní části vystupují vnitřní tvary dílce. Tvárník je lépe frézovatelný než tvárnice, ale ani zde není vyhnutí použití elektroerozivního obrábění jak hloubením, tak i drátkovým řezáním. Horní dosedací plocha byla v maximální možné míře odlehčena a opatřena dvěma kalibryckými otvory které

polohově souhlasí s otvory na tvárnici. I zde jsou dvě oblasti rozděleny do menších vložek obdélníkového průřezu. Tvárník je opatřen jednoduchým chladícím okruhem o průměru 8 mm. Rozváděcí kanál je vyhotoven pouze v tvárníku, v místě větvení je jeho průřez je odstupňován, je použit trapézový profil kanálků. Na součást bylo předepsáno kalení o hodnotě 46+2 HRC. Hodnota tvrdosti je nižší než u protějšího kusu, protože je zde množství menších výstupků, pro které je třeba zajistit houževnatější jádro, aby nedošlo k jejich vylomení při vyhazování.

Obrázek 6.5
Šíbr



6.2.4 Šíbr

Šíbr je prvek soužící k formování v horizontálním směru. Tvarová část spolu s posuvným vozíkem byla vyhotovena v jednom monolitickém bloku. Toto řešení je vhodné pro snížení nákladů na výrobu. Na celý blok je předepsáno kalení 48+2 HRC tato hodnota je mírně vyšší než na tvárníku, toto opatření je proti

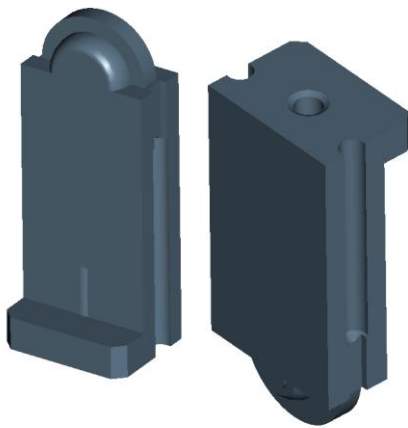
zamezení „lepení“ obou součástí. Šíbr je opatřen chladícím okruhem

průměru 8 mm a ze spodní strany drážkami pro mazací tuk. Tělo je opatřeno závitovým otvorem pro pojistnou kuličku a šikmo vrtaným otvorem pro ovládací kolík. V zadní části je šikmá plocha s drážkou pro dosedací destičku. Šikmina má oproti vrtanému otvoru větší úhel, odkloněný od vertikály o 2°, čímž je docíleno zapření šíbru o klín při vstřikování. Dosedací destička je umístěna v drážce pro zamezení namáhání šroubů na stříh při dosedání klínu.

Tvarová část je značně komplikovaná, její členitost si vyžádá obrábění hloubením, tvary však tvoří pouze odlehčení, které není náročné na tvarovou přesnost. Pouze je nutné dodržet vytahovací úhly a leštění ve směru vyjímání.

6.2.5 Vložky

Obrázek 6.6
Vložky tvárníku



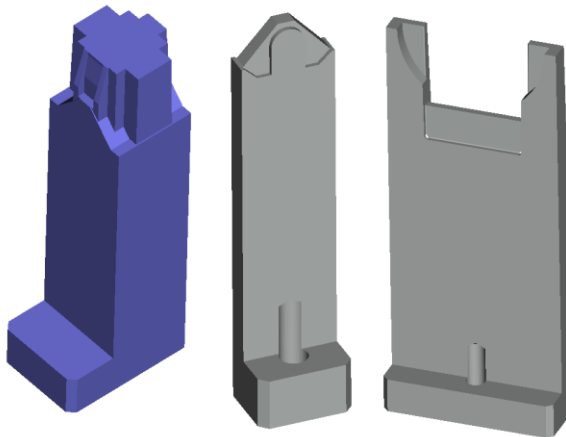
Vložky tvárníku jsou celkem dvě. Byly použity na tvarové části, které svým otiskem vyvábí pouzdro pro ložisko. Tyto plochy byly vyhodnoceny jako geometricky velmi přesné a proto se u nich předpokládá optimalizace a přesné sledování rozměru po celou dobu životnosti nástroje. Je u nich předpoklad pozvolného opotřebování v průběhu životnosti a s tím související změna rozměru, je pravděpodobné, že měnící se rozměry přestanou vyhovovat montážním a provozním požadavkům. Při dlouhém produkci nástroje může

dojít ke změně funkční sestavy a nahrazení ložiska za vhodnější, které může mít jiné rozměrové parametry. V obou případech bude potřeba navařit vrstvu kovu a znovu přebrobit plochy. S přihlédnutím k těmto okolnostem se jeví vložky jako vhodné řešení, i když se jejich výrobou prodraží nástroj.

Vložky jsou navrženy stejně jako tvárník z oceli X37CrMoV51 (1.2343; 19 552) s předpisem kalení 48+2 HRC. Vertikální směr je zajištěn proti pohybu výstupkem na jádru a kapsou v tvárníku. Na spodní straně se nachází technologický závit určený pro demontáž jádra. Po bocích se nachází dvě drážky obdélníkového profilu podvrtané ze spodní strany, které jsou určeny pro ploché vyhazovače. Na tyto plochy je kladen vysoký důraz na tvarovou přesnost a jakost povrchu.

Vložka tvárnice 1 byla stejně jako vložky tvárníku navržena pro snížení pracnosti při optimalizacích. Vložka vytváří ve výrobku dutinu pro zasunutí držáku uhlíku. Součástí této drážky je i západkový systém, který bude sledovaným parametrem. Tento tvar je geometricky velmi malým což klade nároky na přesnost výroby. Vložky tvárnice 2 a 3 byly navrženy pro dosažení lepších výsledků při vstřikování. Obě jádra jsou v místech

Obrázek 6.7
Vložky tvárnice



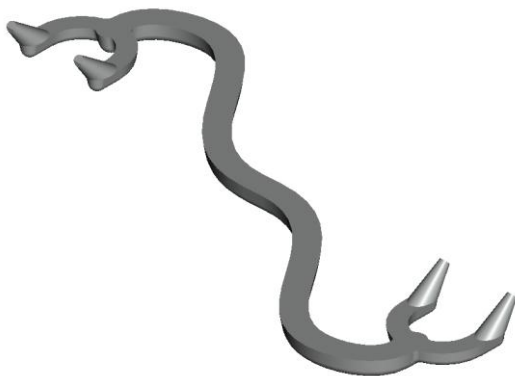
hlubokých žeber, které by mohly být místem vzniku dieselova efektu. Tyto vložky byla navrženy s ohledem na výsledky analýzy vtokování.

Všechny vložky jsou opatřeny ze spodní strany vytahovacím závitem pro snazší demontáž a stejně jako v opačné polovině systémem „nos – kapsa“ pro polohování ve vertikálním směru. Materiál byl zvolen opět X37CrMoV51

(1.2343; 19 552) s předpisem kalení 48+2 HRC pro první dvě vložky a 42+2 pro třetí. Snížená hodnota tvrdosti je navržena s ohledem na uzavírací úhel 2°. Toto místo se bude v průběhu životnosti nástroje zadírat, je proto vhodnější, aby se znehodnocovala lehce nahraditelná vložka, která může být před vyrobenou jako náhradní díl. Hodnoty požadované tvrdosti umožní většinu součástí tepelně zpracovávat najednou. V případě vložky 3 by bylo vhodné prodiskutovat v odborném kolektivu možnost rozdělení dílu na dva symetrické kusy pro snížení pracnosti při výrobě.

6.3 Vtoková soustava

Obrázek 6.8
Vtokový zbytek



Slouží v nástroji pro přívod roztavené hmoty z plastikační jednotky stroje do dutiny nástroje. Skládá se ze tří částí.

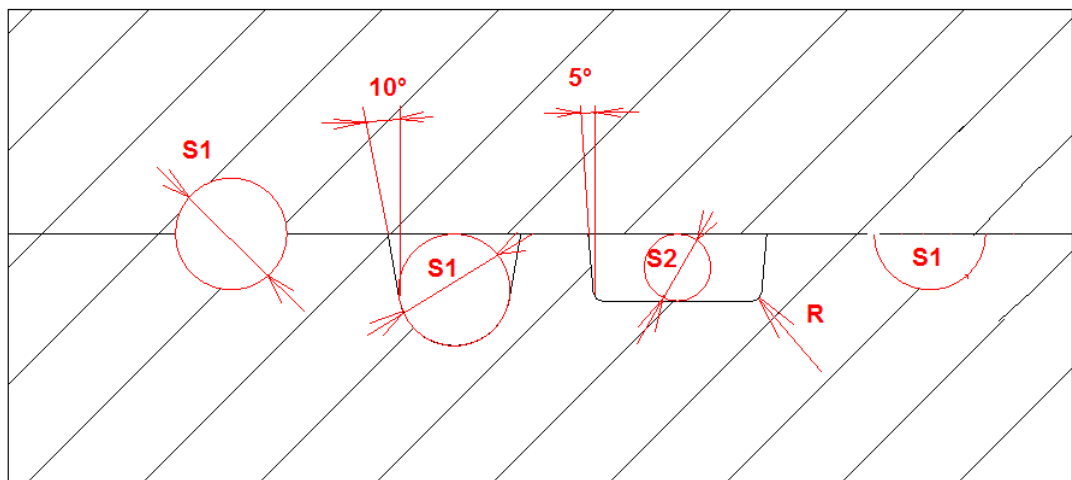
Tryska – slouží pro přivedení roztaveného plastu do rozváděcího kanálu. Existují pouze dvě možnosti studený a horký vtok. Horký vtok (samostatná tryska, nebo vstřikovací systém) se využívá pro formy s kalkulovaným vysokým počtem zdvihu. Tryska (systém) je nákladné

zařízení, jehož cena se pohybuje od tisíce € až po desítky tisíc €. Je opatřeno teplotními čidly na regulaci. Nešetrnou manipulací nebo chybným zapojením může dojít k jeho destrukci. Proto je potřeba mít pro obsluhu vyškolené pracovníky a technické prostředky. Požadavek použití studeného nebo horkého vtoku bývá vznesen na začátku konstrukční práce. Vysoké pořizovací náklady se vrací ve formě úspor na materiálu a energiích (např. při sušení).

Rozváděcí kanál – užívá se pro rozvod roztaveného plastu k jednotlivým tvarovým dutinám. Tohoto kanálu se používá při vtokování do jednoho místa obvykle horkým vtokem. Dráha, kterou tavenina absolvuje v kanálu, by měla být co nejkratší, neboť kanálek je po skončení cyklu odpadním materiálem. Pokud by byla dráha taveniny příliš dlouhá, docházelo by k nadměrnému ochlazení plastu a k problémům při vstřiku do dutiny (snížení viskozity, zamrzání vtoku).

Kanátky by měli být stejně dlouhé pro všechny dutiny formy, aby byly zajištěny stejné tlakové podmínky při vstřiku.

V praxi se používá několik profilů rozváděcích kanálků, poměr obvodu vůči ploše kanálku by měl být co nejmenší, aby se snížil na minimum hydraulický odpor. Nejběžnější profily kanálků viz Obrázek 6.9



Obrázek 6.9
Průřezy rozváděcích kanálků

První profil má nejmenší hydraulický odpor a zároveň nejmenší odpad. Jeho nevýhodou je nutnost obrábět obě poloviny formy a v případě zvětšování kanálu i podstatně dražší modifikace. Klade také vyšší nároky na přesnost zpracování, neboť přesazení obou polovin zvyšuje odpor.

Druhý typ je nejběžněji používaným. Jednoduchý profil se dá obrábět velkým nástrojem. Zvolil jsem jej pro svůj návrh.

Třetí typ profilu se využívá jen výjimečně, v případech kdy není možné vytvořit hlubší kanálek, vytváří širokou brázdu, která je náročnější na prostor a rychleji chladne.

Poslední profil není doporučován.

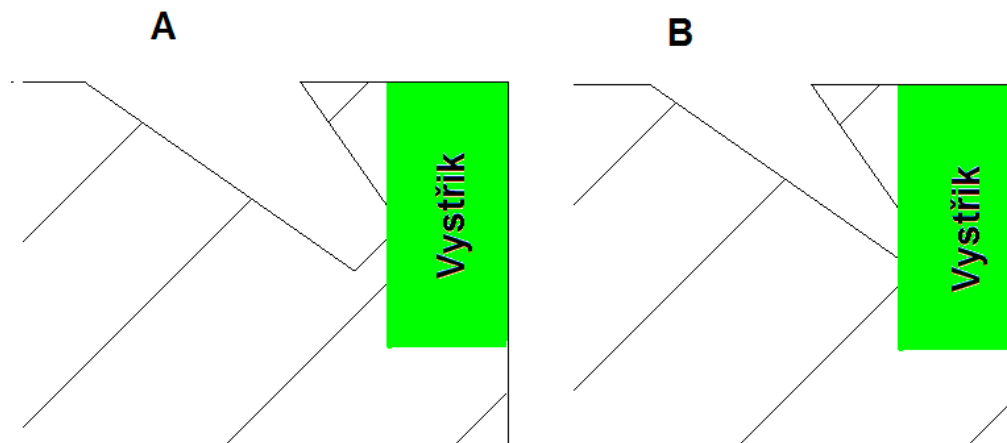
Při každém rozdělení kanálku by měl být průměr vhodně odstupňován tak, aby se zachoval tlakový spád. Obvykle se při každém dělení sníží průměr o 1 mm tak, aby před tunelovým ústím měl průměr hodnotu $S + 1.5$, kde S udává tloušťku stěny do které ústí tunelový vtok.

Návrh rozváděcího kanálku počítá s hlavním kanálkem průměru 4 mm a s rozvětveným kanálkem o průměru 3 mm v obou případech je užít typ 2.

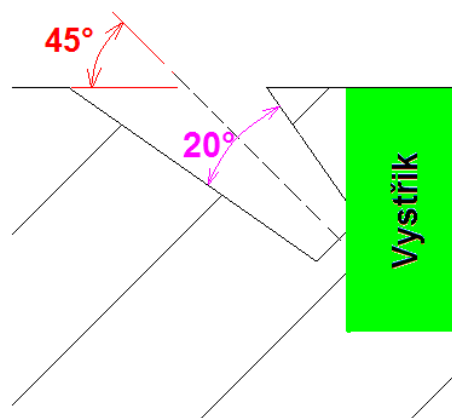
Vtokové ústí – slouží k napojení vtokového kanálu na dutinu. Existuje několik druhů napojení, nejběžnější jsou tunelové a filmové. Filmové má lepší parametry vstřikování kvůli větší ploše průřezu, jeho nevýhodou je pevné spojení s dílem což sebou přináší zvýšené náklady na jeho

odstranění. Tento typ ústí se užívá hlavně u výrobku, které jsou pohledové a je u nich kladen vysoký důraz na vzhled například reflektory automobilů.

Tunelové ústí se používá na technické díly. Při vyhození vylisku z dutiny dojde k automatickému odlomení, které zanechá na povrchu stopu. Podle použitého materiálu se volí profil ústí. Profil A se používá u semi krystalických plastů pro snížení smykové rychlosti při vstřiku, zabrání se tím degradaci plastu, ale sníží se vstřikovací tlak. Pro použitý materiál PA6.6+GF20 je vhodné použití hradítka. Použitá geometrie tunelového vtoku Obrázek 6.11

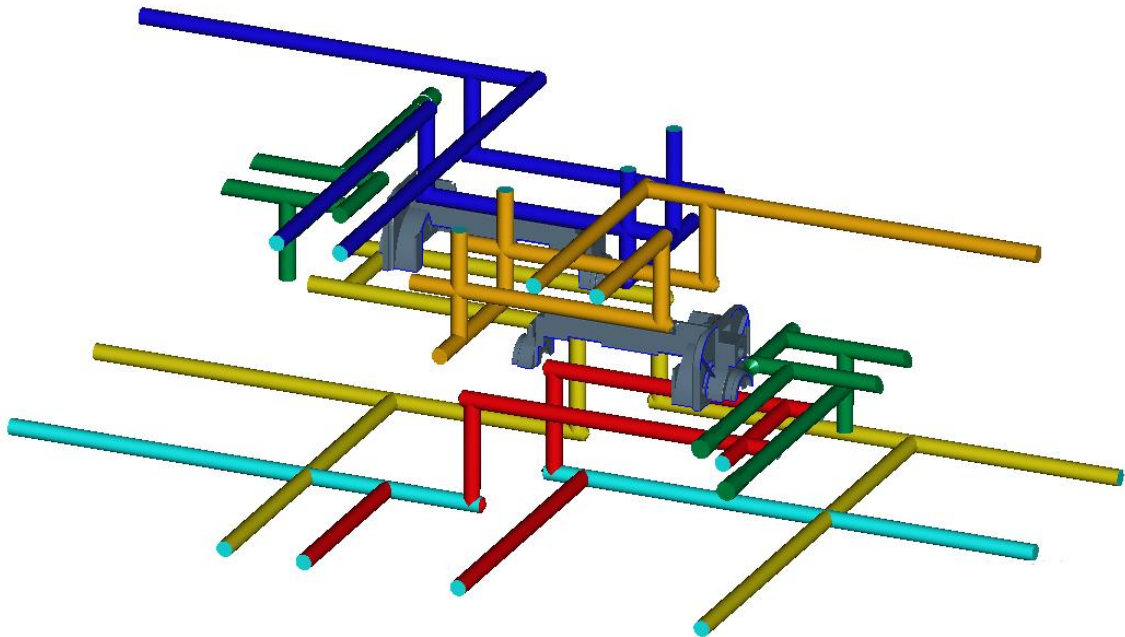


Obrázek 6.10
Tunelové ústí



Obrázek 6.11
Geometrie tunelového ústí

6.4 Temperační soustava



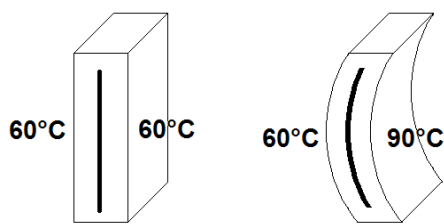
Obrázek 6.12
Temperace formy

Má za úkol udržovat přibližně stálou teplotu v nástroji, odvádět teplo vnesené do nástroje plastem a vyhřívat formu při rozjezdu nebo při krátkých odstavkách na lise. K tomuto účelu jsou různé části formy opatřeny vrtanými kanálky, do kterých se přivádí chladicí médium nejčastěji voda opatřená přísadami proti korozi nástrojů. Kanálky jsou opatřeny ucpávkami a zásepkami tak, aby tok kapaliny byl jednoznačný a nemohlo dojít k tzv. vodnímu zkratu. Přechody mezi jednotlivými komponentami jsou utěsněny o-kroužky z vitonu.

Návrh chlazení vychází hlavně ze zkušeností konstruktéra, nejsou k dispozici jasná pravidla pro jeho rychlý návrh, protože chlazení je závislé hlavně na tvaru výstřiku a použitém materiálu. Obecně musí být chlazení navrženo tak, aby se docílilo co nejkonstantnějšího rozložení teplot, mělo by být dostatečně hustě vrtané, aby efektivně a rychle odvedlo teplo, ale zároveň by mělo být co nejjednodušší, aby se nezvyšovaly hydraulické odpory a nekolísal příliš tlak. Změny tlaku, z velkého na malý (změna průměru kanálku z malého na větší) má za následek usazování nečistot a zanášení průřezu, což snižuje tepelnou výměnu. Směr proudění v kanálcích by měl být takový, aby nejchladnější kapalina přišla do styku s nejteplejším místem.

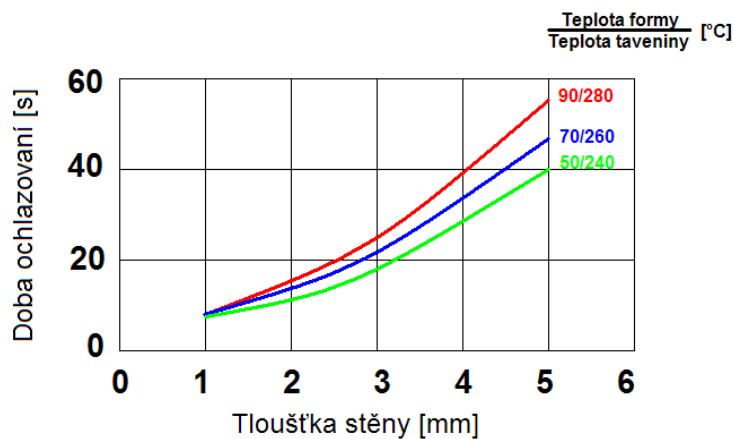
Při nevhodně navrženém chlazení, kdy je velký gradient teploty mezi oběma stranami výlisku, vzniká při tuhnutí v materiálu velké napětí, které má za následek deformace viz. Obrázek 6.13.

Návrh temperance počítá s chlazením tvárníku, tvárnice a šíbru. Chladicí okruh je z tvarových vložek vyveden do rámců, přechody jsou utěsněny normalizovaným O-kroužky z vitonu. Rámy jsou opatřeny



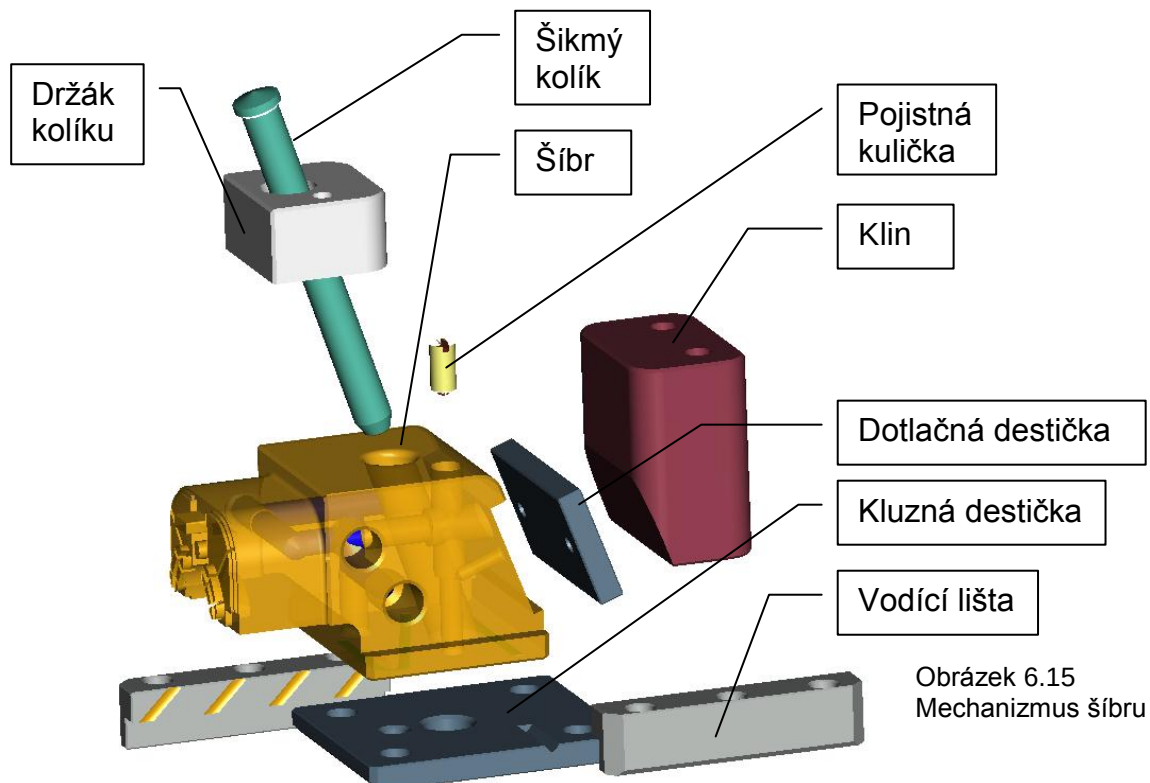
koncovky pro připojení rychlospojek kvůli snížení času při manipulaci s nástrojem. Šíbrý jsou opatřeny prodluženými náustky s normalizovaným koncem, taktéž pro připojení rychlospojek. Pro docílení požadované teploty jsou před upínací desky vloženy desky izolační, které zabraňují přechodu tepla do stroje.

Obrázek 6.13
Deformace vlivem teploty



Obrázek 6.14
Doba chladnutí PA66
V závislosti na tloušťce stěny a teplotě formy

6.5 Mechanismus ovládání šíbrů



Obrázek 6.15
Mechanismus šíbru

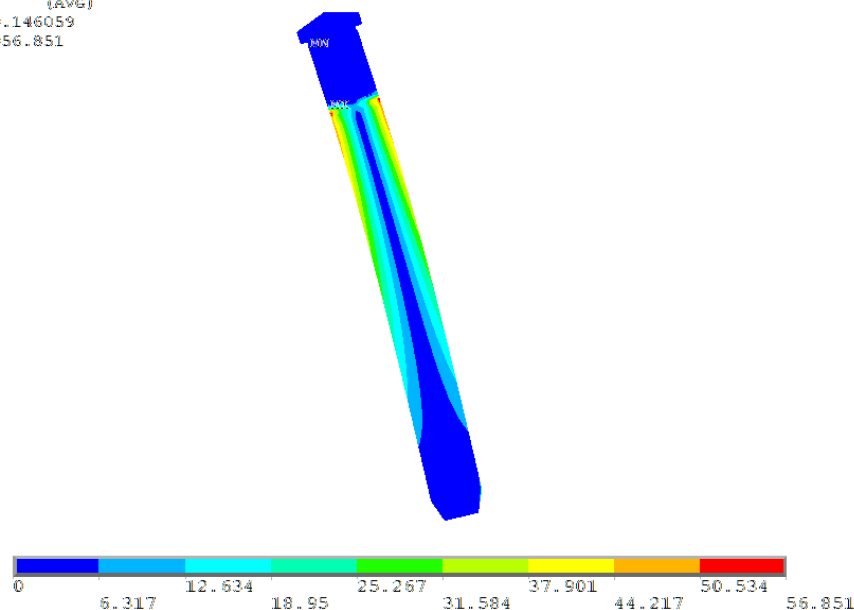
Pro bezproblémový chod stroje v automatickém cyklu musí být zajištěno bezporuchové ovládání šíbru. Jako nejspolehlivější se jeví mechanické ovládání pomocí šikmého kolíku. Princip spočívá v odtlačování šíbru pomocí kolíku při rozevírání formy, a jeho přisouvání při zavírání. Aby nedošlo při zavírání formy ke zlomení kolíku, musí být šíbr v zadní poloze fixován. K tomuto účelu slouží pojistná kulička, která zapadá do vybrání v destičce. Samotný šíbr má vymezenou polohu párem vodících lišt a posouvá se po kluzné destičce. V přední poloze je fixován klínem pro docílení dostatečné tuhosti proti působení vstřikovacího tlaku. Pro snazší slícování je mezi klín a šíbr vložena dotlačná destička.

Nejvíce namáhanou součástí je zde šikmý kolík a klín, byl proveden pevnostní výpočet pro ověření správného dimenzování těchto prvků. Pro výpočet byl použit software Ansys 12.

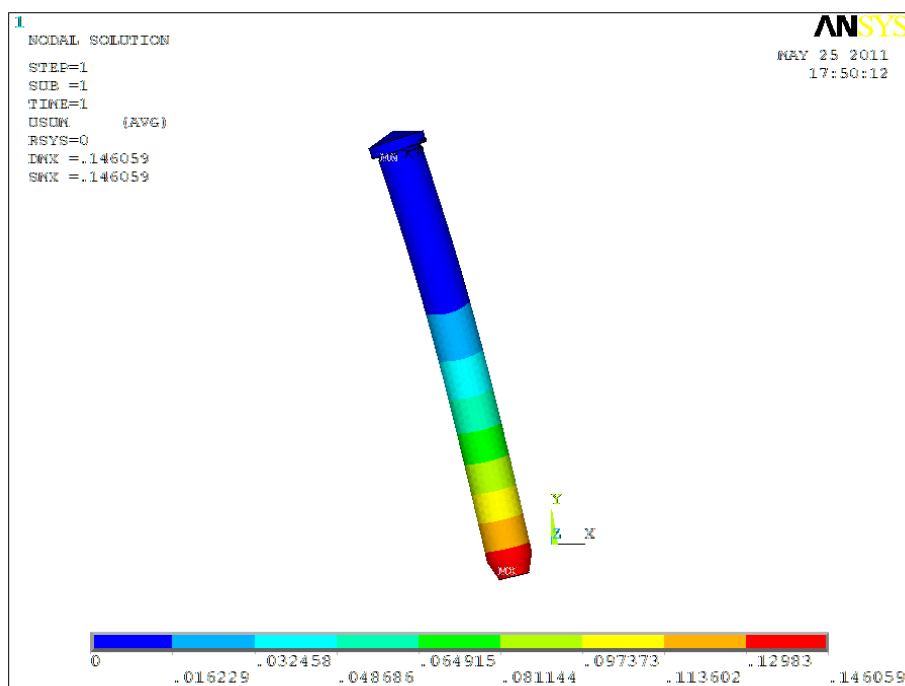
Zatěžovaná součást byla namáhána statickou silou 100 N v místě předpokládaného největšího zatížení tj na konci kolíku. Kolík při uzavírání musí překonat sílu pojistné kuličky 35 N a hmotnost šíbru s ostatními prvky 25 N. V horní části bylo předepsáno vetknutí odpovídající reálné zástavbě v nástroji.

```
NODAL SOLUTION  
SUB =1  
TIME=1  
SINT (AVG)  
DNK =.146059  
SNK =56.851
```

ANSYS
MAY 18 2011
22:49:08



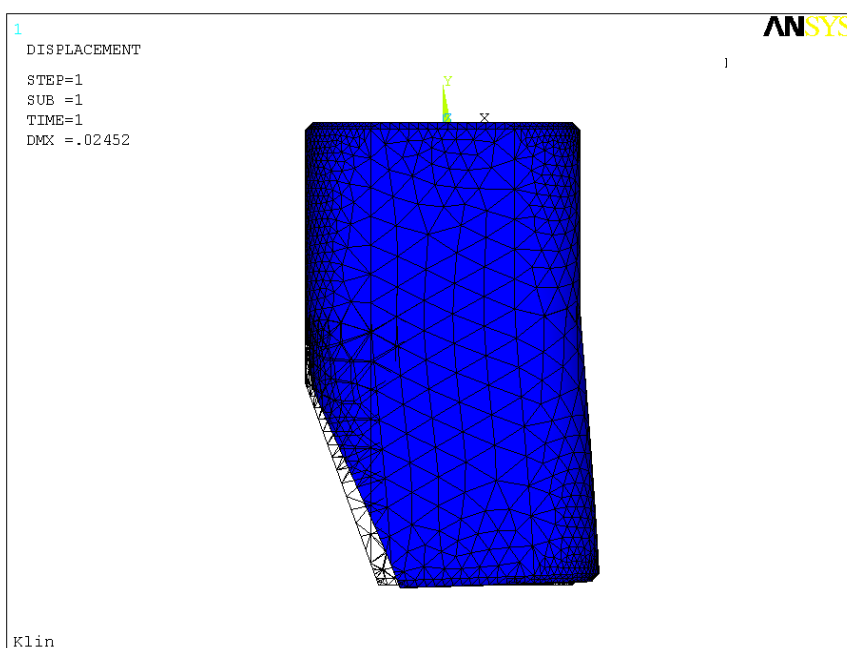
Obrázek 6.16
Napětí na kolíku



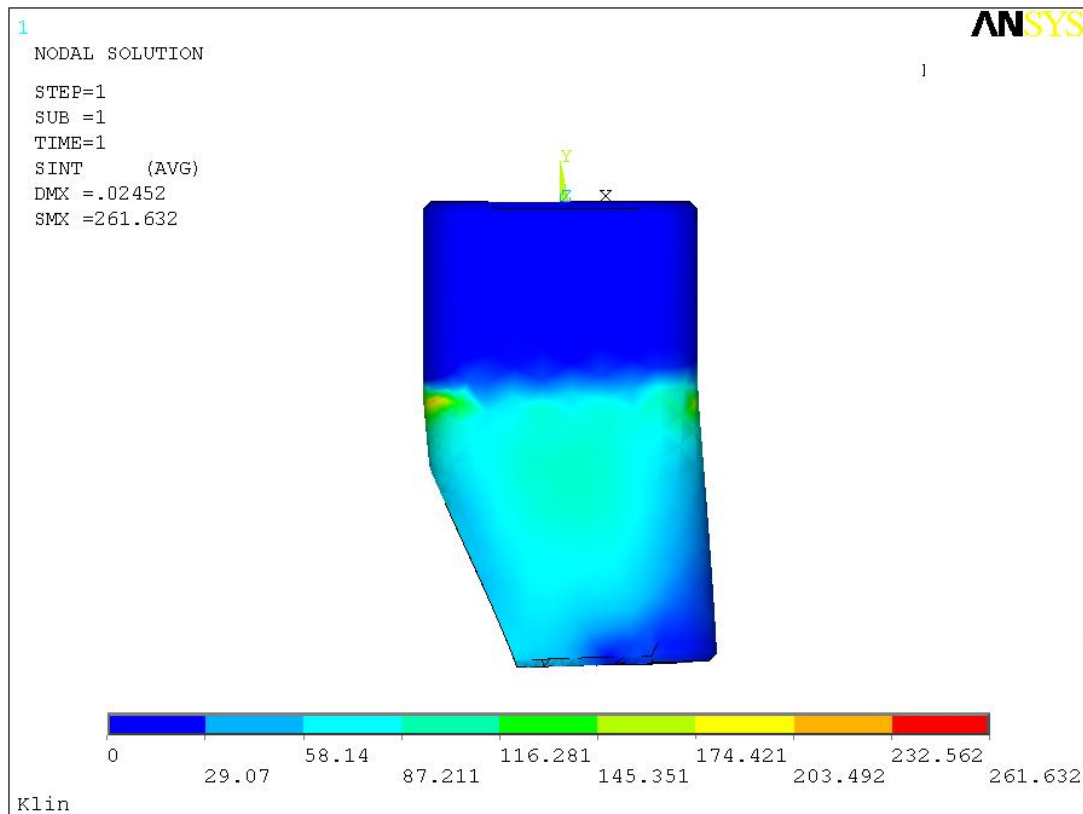
Obrázek 6.17
Deformace kolíku

Z provedené analýzy vyplývá, že kolík je dostatečně dimenzován pro použití, maximální dosažené napětí má hodnotu 50 MPa což je hluboko pod mezí kluzu $R_e = 850$ MPa. Deformace nepřesáhla 0.15 mm

Zatěžovaný klín byla namáhán tlakem 50 MPa v místě styku s kluznou destičkou. Klín by vetknut v místech které odpovídají reálnému vyhotovení v nástroji.



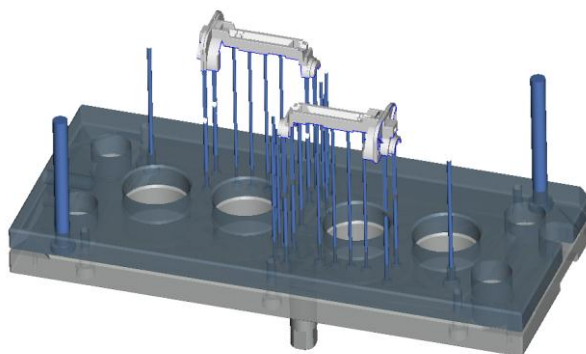
Obrázek 6.18
deformace klínu



Obrázek 6.19
Rozložení napětí na klínu

Z provedené analýzy vyplývá, že klín je deformován při 50 MPa 0.02 mm což je hodnota při které by mohlo u některých plastů dojít k zatečení do vzniklé mezery mezi šíbr a tvar. Protože předpokládaná hodnota tlaku se může pohybovat nad touto hodnotou bylo zvoleno konstrukční řešení, při kterém se klín zadní stěnou opírá o rám. Toto řešení zvýší tuhost celku proti posunutí.

6.6 Vyhazovací soustava



Vyhazovací soustava slouží k bezpečnému vyhození výstřiku a vtokového zbytku z dutiny. Součásti mechanismu jsou vyhazovací kolíky (nazývané též vyhazovače, vyhazováky) desky pro jejich ovládání, posuvné vedení a táhlo, které se připojuje na hydraulický válec vstřikovacího stroje.

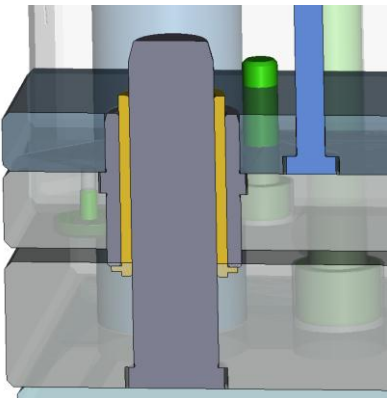
Vyhazovací kolíky mohou mít kruhový, mezi kruhový, nebo

obdélníkový průřez. Jejich velikost je normalizovaná. Při výrobě se nakupuje nejbližší vyšší rozměr a ten se zakrátkí na potřebnou délku. Vyhazovače se vyrábějí ve dvojím provedení, kalené a kalené s nitridovanou vrstvou, která má lepší kluzné vlastnosti. V projektu byly použity kalené vyhazovače kruhového a obdélníkového průřezu.



Pro každou dutinu byly použity čtyři kulaté vyhazovače průměru 3mm a čtyři ploché vyhazovače o ploše 3.8x1.2 mm. Vtokový zbytek je vyhazován pěticí vyhazovačů. Centrální o průměru 4 mm a jedním vyhazovačem průměru 3 mm u každého tunelového ústí. Vyhazovací paket je opatřen párem pojistných vyhazovačů průměru 14 mm sloužících jako pojistka při poruše stroje a párem vyhazovačů průměru 8 mm umístěných před tak aby vyjízděly před šíbrý pokud budou v zadní poloze. Tyto vyhazovače tvoří mechanickou pojistku šíbrů.

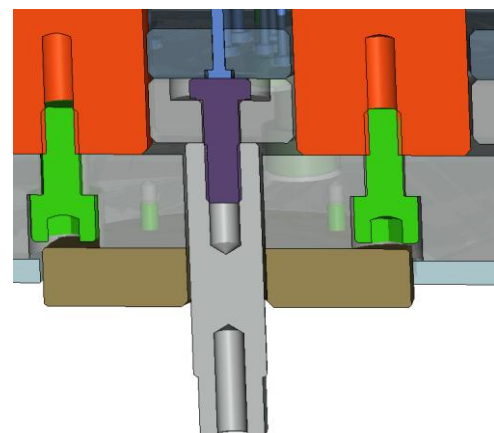
Obrázek 6.20
Rozložení vyhazovačů v dutině



Pro vedení vyhazovacích desek bylo zvoleno kuličkové vedení od firmy Meusburger E103524x100. Část vedení je umístěno mezi desky ve čtyřech provedeních tak aby spolu tvořily obdélník. Kolík po kterém se odvaluje klec s kuličkami je uchycen v upínací desce.

Obrázek 6.21
Kuličkové vedení

Táhlo vyhazovacího paketu bylo připevněno k deskám pomocí normalizovaného šroubu s šestihrannou hlavou. Šroub je umístěn v kapsy tak, že je zamezeno jeho pootočení. Táhlo se dá při transportu lehce vyšroubovat, aby nebránilo dosednutí spodní plochy nástroje. Pro tyto účely je ve spodní straně opatřeno oploštěním na stranový klíč.



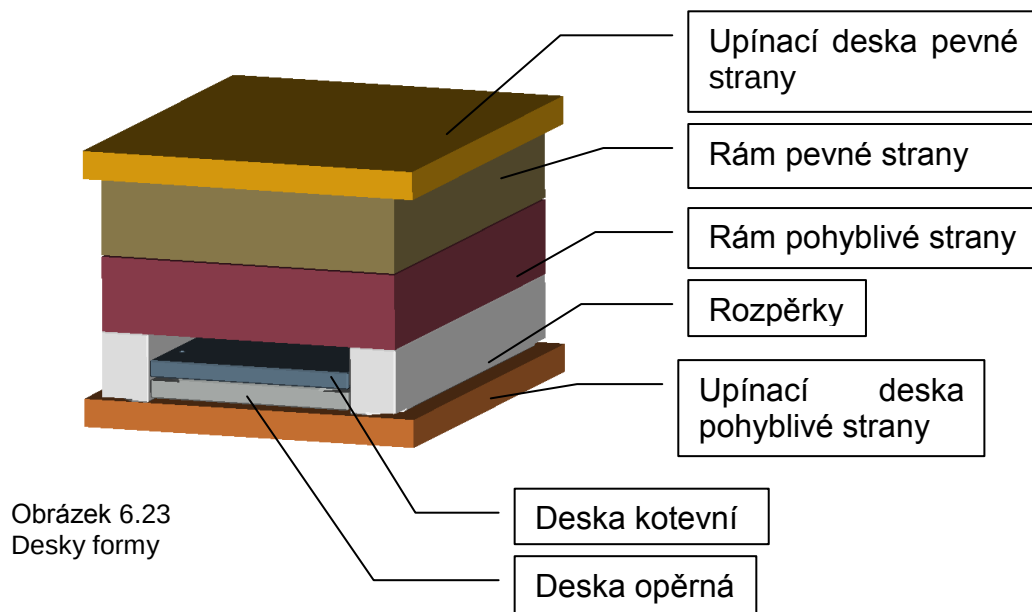
Obrázek 6.22
Táhlo desek

6.7 Normalizované součásti

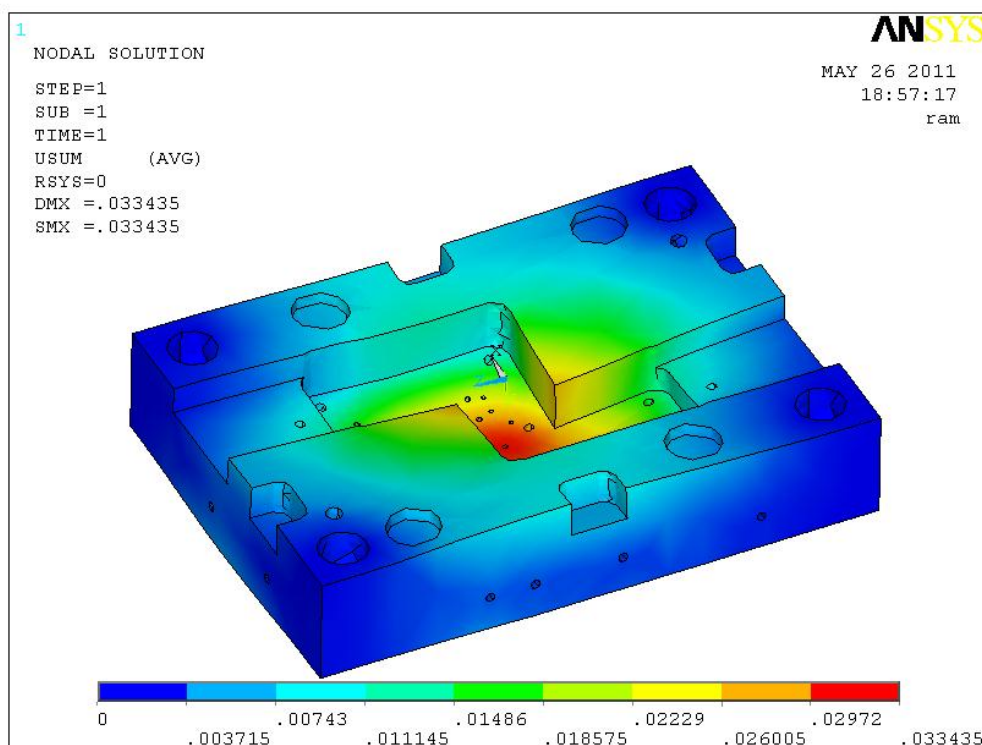
Pro snížení pracnosti, zkrácení dodacích termínů a výrobní ceny se používají normalizované prvky, které jsou navrženy jako stavebnicový systém. Světový výrobci těchto prvků (Hasco, Meusburger, DME, Futuba, FCPK, Rabourdin...) dodávají kompletní sortiment pro poskládání nástroje, včetně unifikovaných rozměrů tvarových dutin. Tyto komponenty jsou vyráběny s vysokou přesností a jakostí povrchu, čemuž odpovídá i cena. Pro návrh nástroje byly použity stavebnicové prvky firmy Meusburger.

6.7.1 Desky

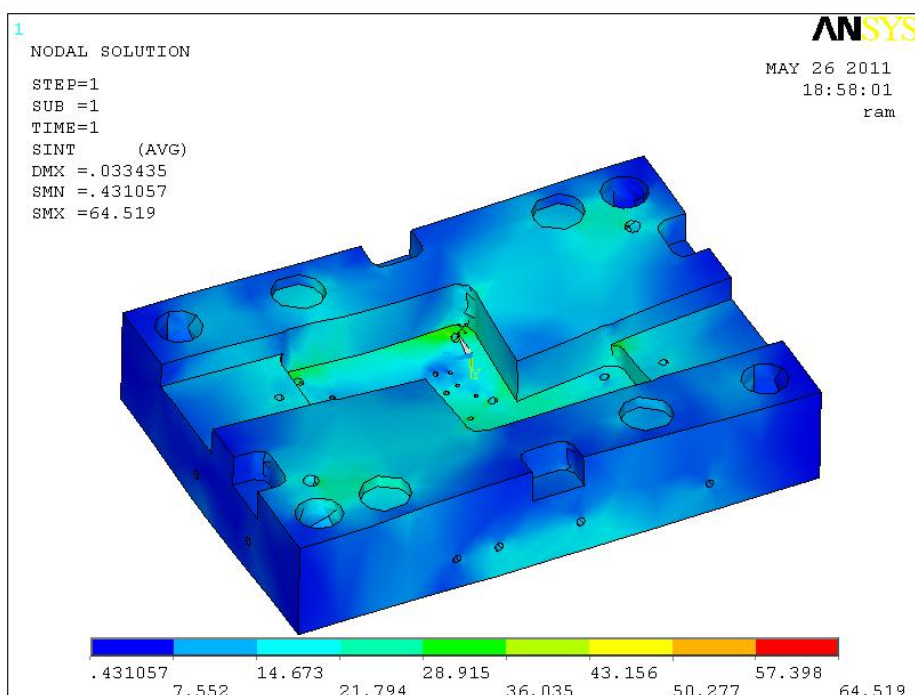
Tvoří kostru celého nástroje, jejich velikost je unifikovaná, spojují se v rozích pomocí válcových prvků, kterými se navzájem středí. Běžně užívané oceli jsou třídy 1.1730 1.2085 1.2311 a 1.2312. Složení nástroje viz obrázek, někdy se k základním deskám přidávají pomocné desky, které se vkládají na různé pozice nejčastěji mezi rám a upínací desku na pevné straně, anebo rám a rozpěrky na straně pohyblivé. Základní rozměrová řada desek byla zvolena 346x496. Nejvíce namáhanou deskou je zde pohyblivý rám, neboť má prostor pro deformaci, nevhodně navržené rámy s malou tuhostí bývají příčinou různých problémů při vstřikování. Proto byl proveden výpočet na průhyb pohyblivého rámu.



Zavazbení proběhlo pomocí skutečných podmínek, zamezení posuvu v ose Z v místě rozpěrek, zamezení posuvů X a Y v otvorech pro středící kolíky. Na plochu styku s vložkami bylo předepsáno zatížení 10 MPa které odpovídá vstřikovacímu tlaku 50 MPa na ploše tvarových dutin 6280 mm². Pro velký výpočtový objem byl model rámu zjednodušen, byli odebrány zaoblení, sražení a závitové otvory. V praxi by tyto prvky přispívaly většímu lokálnímu napětí a vyššímu průhybu. Z vypočtených hodnot viz Obrázek 6.24, vyplývá nebezpečí otevření desek při vstřikování, proto byl prostor pod rámem vyplněn rozpěrnými válci pro zvýšení tuhosti.



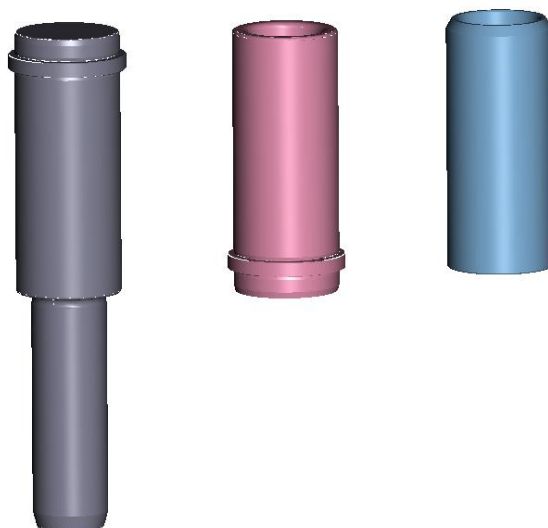
Obrázek 6.24
Průhyb rámu



Obrázek 6.25
Napětí na rámu

6.7.2 Vodící a středící elementy

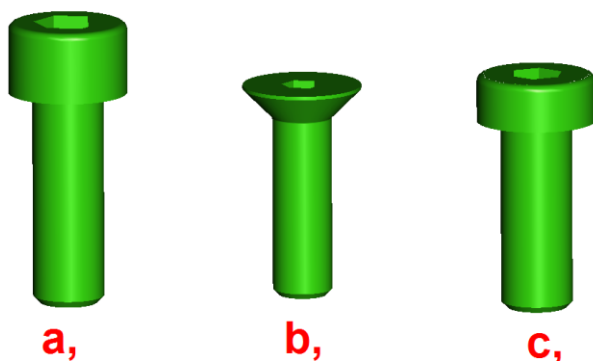
Pro správné vedení a vystředění polovin nástroje se užívají vodící a středící prvky. Jejich funkce spočívá v polohování jednotlivých desek vůči sobě. Na tyto díly jsou kladeny vysoké nároky na přesnost a jakost povrchu. Všechny bývají kalené s vrchní cementovanou vrstvou pro zvýšení tvrdosti. Stavebnicové uspořádání nástroje si vyžaduje specifické středící prvky mezi každou dvojicí desek. Mezi pohyblivý a pevný rám se vkládají středice, která zachycují axiální síly vznikající v dutině a tím přispívají k delší životnosti dělicích rovin.



Obrázek 6.26
Typické středící prvky

6.7.3 Spojovací prvky

Pro spojování jednotlivých komponent se užívá přednostně válcových šroubů s vnitřním šestihranem DIN 912 obr. a (imbus šroub), pevnostní třídy 12.9. Pokud to požadavky na zástavbový prostor neumožňují, užívají se zápusťné šrouby DIN 7991 A obr. b, nebo šrouby s vnitřním šestihranem se sníženou hlavou DIN 7984 obr. c.. Pro přesné polohování se u některých součástí využívá válcových kolíků, nebo jiných speciálních prvků.

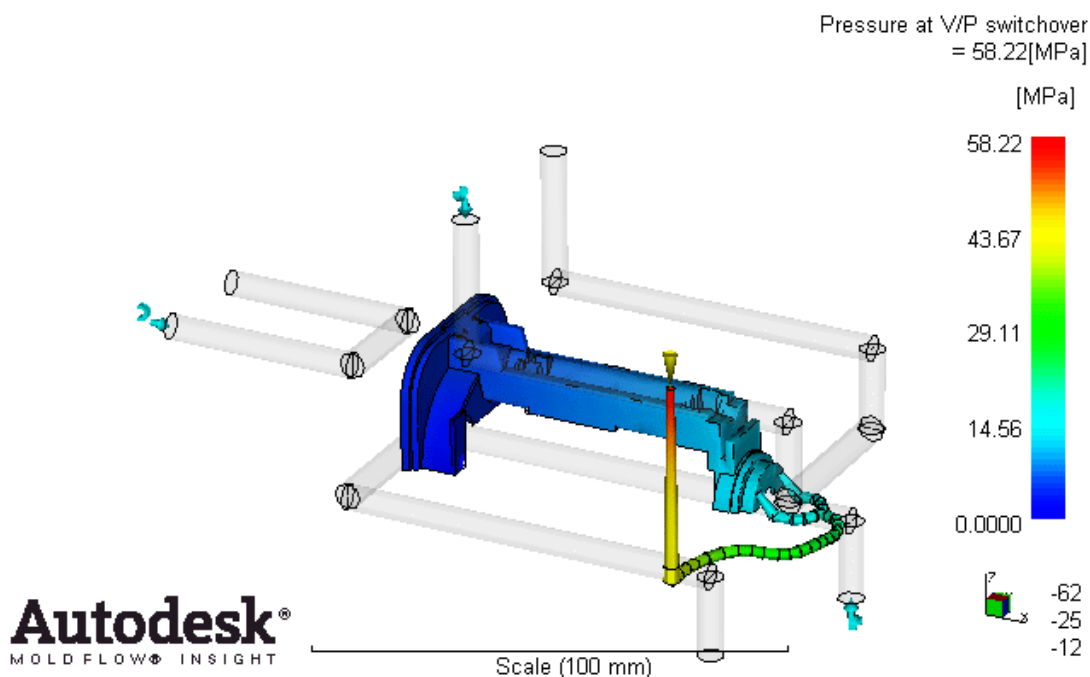


Obrázek 6.27
použité šrouby

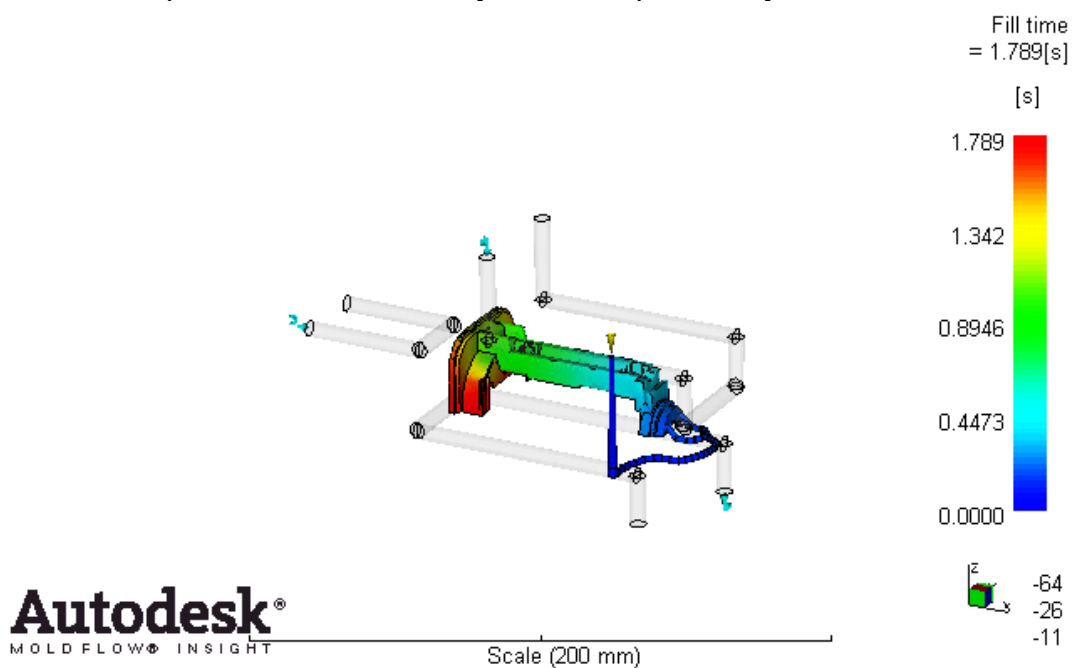
7 Ověřovací analýza.

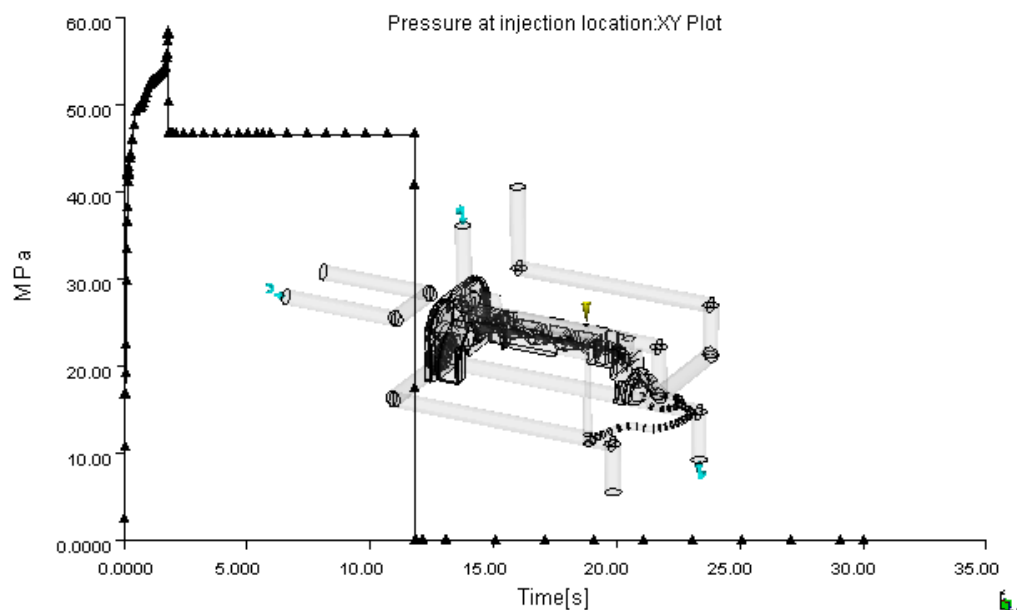
Pro ověření konstrukčního návrhu byla provedena nová analýza vtokování pro reálné rozložení chladících kanálků a skutečnou velikost rozváděcích kanálků.

- Tlak v dutině – Hodnota tlaku se mírně zvýšila.



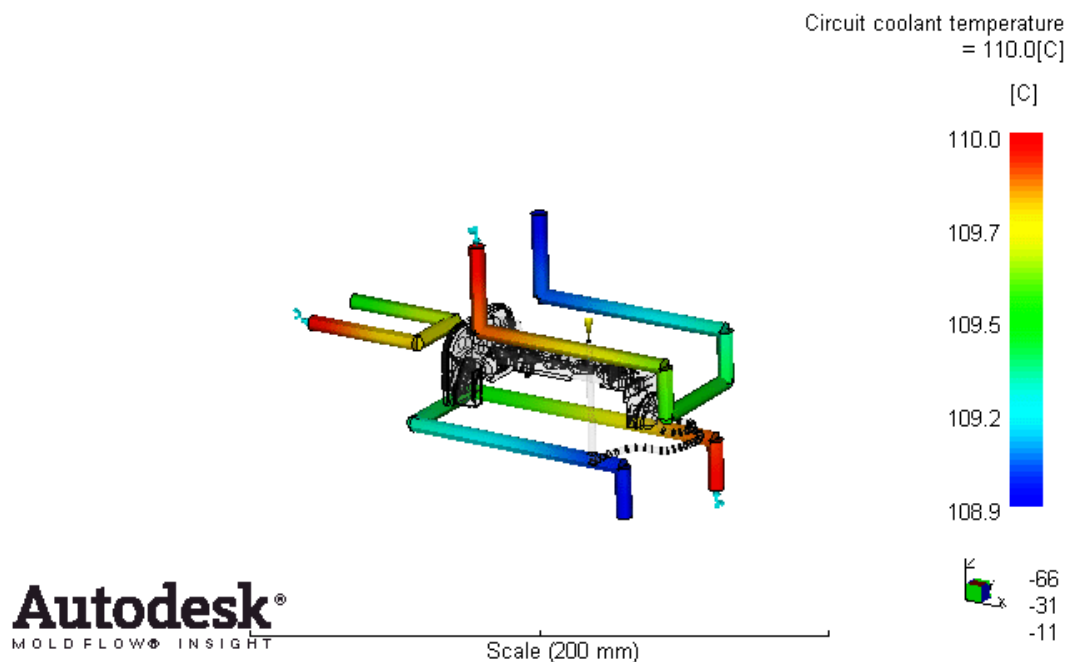
- Čas plnění – Při nové analýze se čas plnění zvýšil cca o 10%





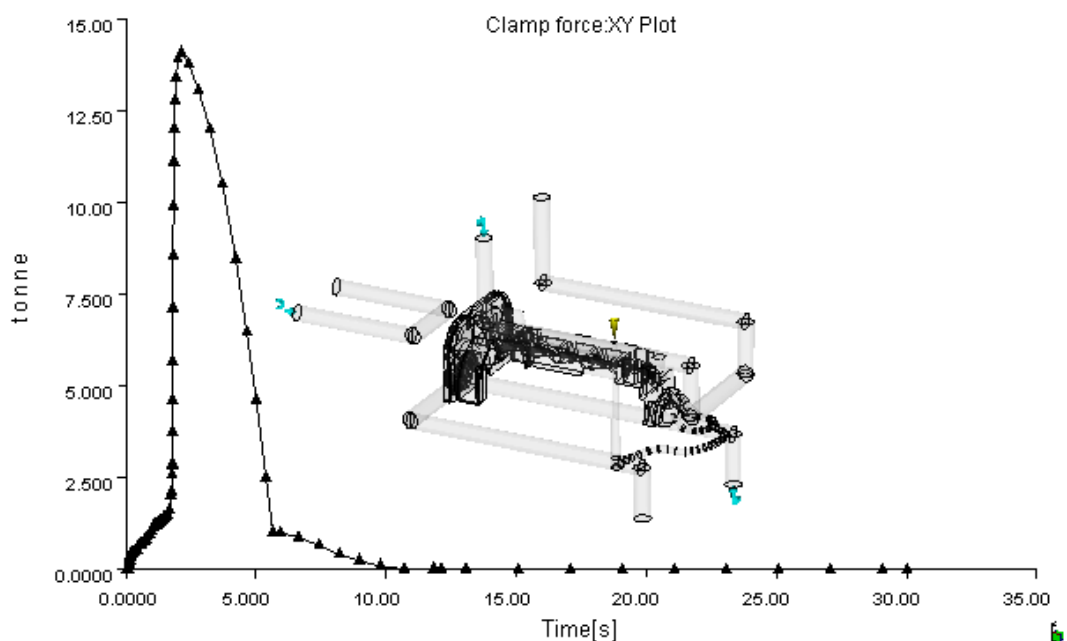
Obrázek 7.3
Průběh tlaku

- Teplota ve vodním okruhu – Nová analýza počítá s výrazně rozdílnou teplotou chlazení, je zde vidět nárůst gradientu teploty mezi vstupem a výstupem.



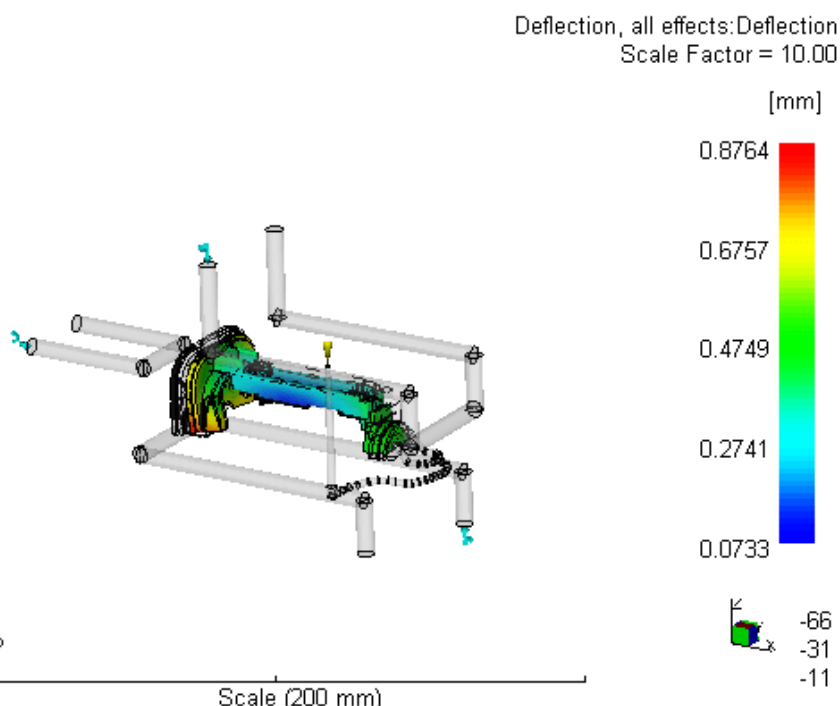
Obrázek 7.4
Teplota chladicí kapaliny

- Uzavírací síla – Přidáním rozváděcího kanálku se zvýšila uzavírací síla jedné dutiny k 150 KN. Pro provoz nástroje vyhovuje zvolený stroj, neboť je schopen udržet 800 KN.



Obrázek 7.5
Uzavírací síla

- Celková deformace – Nejprekvapivější výsledek však dává průběh celkové deformace, který udává dvojnásobné zdeformování dílce při použití intenzivnějšího chlazení. Zde se ukazuje že víc neznamená líp.



Autodesk®
MOLD FLOW® INSIGHT

Scale (200 mm)

Obrázek 7.6
Celková deformace

8 Závěr

Zadané téma práce „TECHNOLOGIE VÝROBY PLASTOVÉHO DRŽÁKU LOŽISEK MOTORU“ si v počátku práce vyžádalo analýzu vyráběných plastů a výběr nejvhodnějšího z nich pro danou aplikaci. Poté následovalo zvolení technologie výroby a stanovení požadavků na konstrukci.

Samotná konstrukční práce spočívala v návrhu nástroje, který by byl schopen produkovat zadanou součást. Konstrukce byla podpořena množstvím analýz MKP programů a výpočty tak, aby konečný návrh nástroje odpovídal skutečným požadavkům a nárokům kladeným při výrobě. Návrh formy je doplněn o výkresovou dokumentaci všech vyráběných a upravovaných dílů a výkres sestavy včetně kompletního kusovníku. Pro návrh nástroje byl zvolen dodavatel normalizovaných dílů Meusburger.

Návrh obsahuje i ověřovací analýzu, která slouží jako podklad pro zpětné vyhodnocení vhodnosti návrhu.

Firmou Formex s.r.o. byla provedena cenová kalkulace a návrh ceny výroby která odhaduje pořizovací náklady na nástroj v hodnotě 31 667 €. Firmou Synventive byla zaslána cenová nabídka na horkou trysku v hodnotě 909 €. Předpokládaná životnost nástroje činí 1 000 000 zdvihů. Při kurzu 24.5 Kč/1€ vychází pro každý díl hodnota 0.798 Kč. Návrh je z hlediska životaschopnosti použitelný, neboť výrobní náklady promítnuté v ceně výrobku svoji velikostí odpovídají požadavkům na hromadnou výrobu dané součásti.

V konstrukci nástroje jsou rezervy v oblasti dimenzování. Vhodnou optimalizací některých prvků by se dal zmenšit rozměr nástroje a tím i snížit jeho pořizovací cenu.

Celkově si myslím, že bylo dosaženo vytyčených cílů práce. Jako další směr návrhu by byla optimalizace simulačního procesu vstřikování tak, aby se dosáhlo odpovídajících parametrů deformace a výrobního času.

Seznam použitých zkratk

$\bar{\sigma}$	Napětí	[MPa]
σ_a	Mez únavy	
ρ	Hustota	[g/cm ³]
ABS	Kopolymer akrylonitril-butadien-styren	
a_{eff}	měrná teplotní vodivost	
A	Plocha průřezu	[mm ²]
D_k	Průřez kanálku	[mm]
D_s	Průměr šneku	[mm]
E	Modul pružnosti v tahu	[MPa]
EPDM	Kopolymer polyetylenu	
f_a	Kolmá dráha taveniny	[mm]
f_c	Délka dráhy taveniny	[mm]
F_p	Uzavírací síla	[KN]
G	Hmotnost výstřiku	[g]
GF	Glass fiber (skleněné vlákno)	
K1	Koeficient tekutosti materiálu	
K2	Koeficient délky rozváděcího kanálku	
K_a	Faktor navýšení objemu taveniny plastu	
K_f	Faktor schopnosti tečení taveniny plastu	
L	Délka kanálků	[mm]
L_s	Délka dráhy šneku	[mm]
n_p	Násobnost formy	
n_s	Otáčky šneku	[1/min]
PA	Polyamid	
PC	Polykarbonát	
p_v	Doporučený vstřikovací tlak	[bar]
p_f	Minimální vstřikovací tlak	[bar]
PE-LD	Polyetylen nízkomolekulový	
PE-HD	Polyetylen vysokomolekulový	
PET	Polyethylénftalát	
POM	Polyetylentereftalát	
PP	Polypropylén	
PS	Polystyren	
PVC	Polvinylchlorid	
Q	Teplo	[KJ/h]
Re	Mez kluzu	[MPa]
R_m	Mez pevnosti	[MPa]
s	Tloušťka stěny plastového dílce	[mm]
T	Čas	[s]
t_c	Doba vstřikovacího cyklu	[s]
t_v	Doba vtřikování	[s]
t_N	Vedlejší čas	[s]
T_f	Teplota viskozního toku	[°C]
T_g	Mechanický ztrátový činitel	
T_G	Teplota zesklenní	[°C]
T_m	Teplota tání	[°C]
TP	Technický plast	

v	maximální obvodová rychlost šneku	[m/s]
V	Objem	[cm ³]
v_s	Vstřikovací rychlost	[cm ³ /s]
V_D	Velikost dávky	[mm]
V_K	Objem kanálku	[cm ³]

Seznam použitých zdrojů

Tištěné zdroje:

- [1] Ing. Jan Kolouch, Strojírenské výrobky z plastů vyráběné vstřikováním. 1.vyd. Praha: SNTL, 1986. 232 stran. L13-B3-IV-31f/22880
- [2] Ing. Jan Kolouch, Strojní součásti z plastu. 1.vyd. Praha: SNTL, 1981. 258 stran. L-L3-B2-IV-31f/22696
- [3] Lubomír Zeman, Vstřikování plastů. 1.vyd. Praha: SNTL, 1981. 258 stran. L-L3-B2-IV-31f/22696
- [4] J. Štepek, J. Zelinger, A. Kuta, Technologie zpracování a vlastnosti plastu. 1.vyd. Praha, Bratislava SNTL, Alfa, 1989. 638 stran. ISBN DT 678.5(075.8)
- [5] MM - Průmyslové spektrum 2009/1, 4. února 2009 v rubrice Trendy / Plasty.
- [6] KANDUS, Bohumil. Technologie zpracování plastu – přednášky a cvičení. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Obor technologie tváření kovu a plastu, 2008.
- [7] Sova, Miloš; Krebs, Josef. Termoplasty v praxi 1.vyd.. Praha: Verlag Dashöfer, 2001. 2 sv. (580, 425 s.). ISBN 80-86229-15-7
- [8] Řehulka, Zdeněk, Konstrukce výlisku z plastu a forem pro zpracování plastu. Brno: SEKURKON s.r.o., [2004]. 220 s. ISBN 80-86604-16-0.
- [9] Řehulka Zdeněk, Základní technologické va vysocenykonné polymery. Brno: SEKURKON s.r.o., [2004] 27 s.

Webové zdroje:

- [10] http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm
- [11] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Polymer>
- [12] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Monomer>
- [13] http://cs.wikipedia.org/wiki/Polymerizace#.C5.98et.C4.9Bzov.C3.A9_polymerizace
- [14] http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_isbn-80-7080-617-6/pages-img/obalka-1.html
- [15] <http://tzs.kmm.zcu.cz/polymery.pdf>
- [16] <http://www.ped.muni.cz/wphy/fyzvla/FMkomplet3.htm>
- [17] <http://www.imaterialy.cz/Materialy/Plasty-pro-stavebnictvi-a-architekturu-1-Uvod-do-zpracovani-plastu.html>

Seznam obrázků

Obrázek 2.1 Celosvětová produkce plastů.....	12
Obrázek 2.2 Makrostruktura polymerních řetězců	14
Obrázek 2.3 Schéma struktury v pevné fázi.....	15
Obrázek 2.4 Sferolit	16
Obrázek 2.5 Typická závislost plastů	21
Obrázek 2.6 Závislost δ, T některých plastů	23
Obrázek 2.7 Rozdělení technologií zpracování plastů	25
Obrázek 2.8 Princip vytlačování.....	26
Obrázek 2.9 Princip vyfukování	26
Obrázek 2.10 Princip lisování	27
Obrázek 3.1 Vstřikovací stroj	29
Obrázek 3.2 Vnitřní uspořádání Stroje	30
Obrázek 4.1 Vtokové schéma	31
Obrázek 5.1 Nastavení stroje	36
Obrázek 5.2 Uzavírání vzduchu	37
Obrázek 5.3 Rozložení tlaku v dutině	38
Obrázek 5.4 Čas plnění dutiny	38
Obrázek 5.5 Teplota chladící kapaliny	39
Obrázek 5.6 Uzavírací síla.....	39
Obrázek 5.7 Celková deformace.....	40
Obrázek 6.1 Analýza úkosů	42
Obrázek 6.2 Průběh dělicí roviny	44
Obrázek 6.3 Tvárnice.....	44
Obrázek 6.4 Tvárník	45
Obrázek 6.5 Šíbr.....	45
Obrázek 6.6 Vložky tvárníku	46
Obrázek 6.7 Vložky tvárnice	47
Obrázek 6.8 Vtokový zbytek	47
Obrázek 6.9 Průřezy rozváděcích kanálků.....	48
Obrázek 6.10 Tunelové ústí	49
Obrázek 6.11 Geometrie tunelového ústí.....	49
Obrázek 6.12 Temperace formy	50
Obrázek 6.13 Deformace vlivem teploty	51
Obrázek 6.14 Doba chladnutí PA66.....	51
Obrázek 6.15 Mechanismus šíbru	51
Obrázek 6.16 Napětí na kolíku.....	52
Obrázek 6.17 Deformace kolíku.....	53
Obrázek 6.18 deformace klínu	53
Obrázek 6.19 Rozložení napětí na klínu	54
Obrázek 6.20 Rozložení vyhazovaču v dutině	55
Obrázek 6.21 Kuličkové vedení.....	55
Obrázek 6.22 Táhlo desek.....	55
Obrázek 6.23 Desky formy.....	56
Obrázek 6.24 Průhyb rámu	57
Obrázek 6.25 Napětí na rámu.....	57
Obrázek 6.26 Typické středící prvky	58
Obrázek 6.27 použité šrouby	58

Obrázek 7.1 Tlak v dutině	59
Obrázek 7.2 čas plnění	59
Obrázek 7.3 Průběh tlaku	60
Obrázek 7.4 Teplota chladící kapaliny	60
Obrázek 7.5 Uzavírací síla.....	61
Obrázek 7.6 Celková deformace.....	61

Seznam příloh

Tabulka 2 Rozdělení plastů.....	69
Tabulka 3 Vliv plniv na vlastnosti termoplastů.....	70
Tabulka 4 Mechanické vlastnosti plastů.....	71
Tabulka 5 Hořlavost materiálů	72
Tabulka 6 Odolnost plastů proti UV a vlivům povětrnosti.....	72
Tabulka 7 Absorpce vlhkosti	72
Tabulka 8 Tepelné vlastnosti plastů.....	73
Tabulka 9 Elektrické vlastnosti plastů	74
Tabulka 10 Materiálové hodnoty vybraných technických plastů.....	75
Tabulka 11 Stanovení koeficientů D' a $K1$	76
Tabulka 12 Materiálové hodnoty	76
Tabulka 13 Doba vstřikování.....	77
Tabulka 14 Průměr kanálů	77
Cenová nabídka Formex.....	78
Cenová nabídka Synventive.....	79

Výkresová dokumentace v rozsahu 43 výkresu v samostatné složce
Rozpiska materiálu v samostatné složce

TERMOPLASTY			
<i>Polyolefiny</i>		<i>Akryláty</i>	
PE	polyetylén	PMMA	polymethylmetakrylát
HDPE	lineární polyetylén	MBS	metylmetakrylát – butadien - styrén
LDPE	rozvětvený polyetylén	<i>Polyamidy</i>	
UHMWPE	ultravysokomolekulární polyetylén	PA	polyamid
PP	polypropylén	<i>Polyétery</i>	
<i>Chlorované plasty</i>		POM	polyoxymetylén
PVC	polyvinylchlorid	PFO	polyfenylénoxid
<i>Styrénové plasty</i>		<i>Polyestery</i>	
PS	polystyrén	PET	polyethyléntereftalát
PS-GP	standardní polystyrén	PBT	polybutyléntereftalát
PS-HI	houževnatý polystyrén	PC	polykarbonát
PS-E	pénový polystyrén	<i>Vinylové plasty</i>	
SB	styrén – butadien	PVAC	polyvinylacetát
ABS	akrylonitril – butadien – styren	<i>Ketony, sulfidy, sulfony a imidy</i>	
SAN	styrén – akrylonitril	PEEK	polyéterétherketon
ASA	akrylonitril – styren – akrylát	PPS	polyfenylénsulfid
<i>Fluoroplasty</i>		PSU	polysulfon
PTFE	polytetrafluóretylén	PES	polyéthersulfon
ETFE	etylén - tetrafluóretylén	PI	polyimid
REAKTOPLASTY			
<i>Fenoplasty</i>		<i>Epoxidy</i>	
PF	fenolformaldehydová pryskyřice	EP	epoxidová pryskyřice
<i>Aminoplasty</i>		<i>Polyesterové pryskyřice</i>	
UF	močovinoformaldehydová pryskyřice	PESL	polyesterové skelné lamináty
MF	melaminové pryskyřice		

Základní systematické rozdělení plastů dle chemického složení

Tabulka 2
Rozdělení plastů

	Skleněné vlákno	Azbest	Uhlíkové vlákno	Whisky	Syntetická vlákna	Celulóza	Slída	Talek	Uhlík	Křemenný písek	Kaolin	Skleněné kuličky	Kalciumkaronát	Oxidy kovů	Saze
Pevnost v tahu	++	+	+	+-		+	0					+			
Pevnost v tlaku	+						+			+		+	+		
E-modul	++	++	++	+			++	+		+		+	+	+	+
Rázová houževnatost	-+	-	-	-	++	+	-+	-		-	-	-	-+	-	+
Snížení teplotní roztažnost	+	+		+			+	+		+	+			+	
Snížení smrštění	+	+	+					+	+	+			+		+
Zlepšení vedení tepla		+	+					+	+	+			+		+
Pevnost za tepla	-+	+	-+				+	+			+		+	+	
Elektrická vodivost				+					+						+
Elektrický odpor							++	+			++			+	
Teplotní odolnost							+	+		+	+			+	+
Chemická odolnost		+					+	0	+	+	+				
Zlepšení otěru			+			+	+	+			+				
Erozní rychlost	-+	+					+				-		-		
Abraze forem a strojů	-	0		0	0	0		0	0	-		0	0		0
Snížení ceny	+	+				+	+	+	+	++	+	+	++		
	Vláknitá plniva						Destičková p.		Plniva tvaru koule						
	Vyztužující plniva						Nevyztužující plniva								

Tabulka 3

Vliv plniv na vlastnosti termoplastů

++ silný vliv

+ slabý vliv

0 bez vlivu

- negativní vliv

Zkratka plastu	Mez kluzu v tahu Re (MPa)	Mez pevnosti v tahu Rm (MPa)	Modul pružnosti v tahu E (MPa)
HDPE	15-25	10-20	600-1400
LDPE	8-10	10-20	150-500
PP	30-38	10-20	1100-1600
PP+20%GF	26-32	30-35	2400-3500
PP+30%GF	26-32	40-55	4500-5500
PP+20%GB	26-32	28	1500
PP+20%T	26-32	28-32	2300-3000
PP+40%T	26-32	28-32	3300-4300
PVC	26-32	45-65	2900-3400
PS	30-50	32-60	3200-3500
ABS	30-50	70-80	1800-2800
PA 6	30-50	60	900-1400
PA6+25%GF	30-50	100	6000
PA6+30-	30-50	100-130	7000-9000
PA6+50%GF	30-50	130-160	10000-12000
PA 66	55-60	60-80	1700-2000
PA66+20-	40-50	80-110	4000-6000
PA66+30-	40-50	120-140	8000-10000
PA66+50%GF	40-50	160-190	13000
PA 11	42	130-160	1000-1200
PA 12	38-46	90	1200-1350
POM	70	80-120	2800-3500
POM+25%GF	70	80-120	5000-9000
PC	55-60	100-120	2000-2200
PC+35-40%GF	55-60	100-120	9500-10000
PC+ABS	45-55	100-120	1950-2200
PBT	50-58	160-185	2200-2700
PBT+20%GF	50-58	110-130	7000-8000
PBT+30%GF	50-58	130-140	9000-11000

Tabulka 4
Mechanické vlastnosti plastů
(při 20°C)

Zkratka plastu	Stupeň hořlavosti
LDPE, HDPE	2-3
PP	3
PVC	1-2
PS	3
ABS	2
PA	2
POM	3
PC	1-2
PBT	3

Tabulka 5
Hořlavost materiálů

- 0- Nehoří
1- Samo zhasivý
2- Hoří velmi pomalu
3- Hoří pomalu
4- Hoří rychle

Zkratka plastu	odolnost roky
HDPE	< 1
LDPE	1-2
PE+saze	10-20
PP	< 1
PP+saze	5-10
PVC	2-4
PS	1-2
ABS	1-2
PA	2-4
POM	2-4
PC	2-4
PBT	2-4

Tabulka 6
Odolnost plastů proti UV a vlivům povětrnosti

Zkratka plastu	Absorpce vlhkosti při 23°C a 50% vlhkosti	
	Zvětšení hmotnosti %	Lin. Prodloužení %
PA 6	3.5 - 4	1.1 - 1.3
PA 6+35% GF	1.5 - 2	0.15
PA 66	2.5 - 3	1.1 - 1.2
PA66+35%GF	1 - 1.5	0.15
PA 11	0,8	0.3
PA 12	0,8	0.3
POM	0.3	0.1
PBT	0.25	0.05

Tabulka 7
Absorpce vlhkosti

Zkratka plastu	Délková tep. roztažnost při 20-50°C ($10^{-5} \cdot K^{-1}$)	Krátkodobá teplotní mez °C	Dlouhodobá teplotní mez °C	Teplota křehnutí °C
HDPE	14	95	70	-60
LDPE	23	90	75	-60
PP	18	120	95	-10
PP+20%GF	6-16	110	95	-10 až -
PP+30%GF	6-7	120	95	-10 až -
PP+20%GB	10-20	120	95	-10 až -
PP+20%T	8-15	120	95	-10 až -
PP+40%T	7-12	120	95	-10 až -
PVC	7-8	70-80	55-70	-5
PS	6-8	60-90	55-80	-60
ABS	5-10	85-115	75-110	-30
PA 6	7-12	120-	80	-10 až 0
PA6+25%GF	2-3	190	80	-10 až 0
PA6+30-	2-3	220	80	-10 až 0
PA6+50%GF	1,5	200	80	-10 až 0
PA 66	7-10	140-	80-90	-20 až 0
PA66+20-	2-3	200	8-90	-60
PA66+30-	2-3	220	80-90	-60
PA66+50%GF	1,5	220	80-90	-60
PA 11	11-12	110-140	70-80	-50
PA 12	8-10	110-	70-80	-50
POM	10-14	140	85-95	-50
POM+25%GF	3	150	95-120	-50
PC	6-7	135	100	-60
PC+35-	2	135	100	-60
PC+ABS	7-8	135	100	-50
PBT	6-9	170	110	-60
PBT+20%GF	5	200	110	-60
PBT+30%GF	3-4	200	110	-60

Tabulka 8
Tepelné vlastnosti plastů

Zkratka plastu	Měrný odpor		Elektrická pevnost (kV*mm- 1)	Odolnost proti plazivým proudům	
	vnitřní $\Omega \cdot \text{cm}$	povrchový Ω		KA	KB (V)
LDPE	10^{18}	10^{13} - 10^{14}	42	3b	>600
HDPE	10^{18}	10^{13} - 10^{14}	38	3c	>600
PP	10^{17}	10^{13}	40	3c	>600
PP+20-30%GF	10^{16}	10^{13}	40	3c	>600
PP+20-40%T	10^{16}	10^{13}	40	3c	>600
PVC	10^{16}	10^{13}	40-50	2,3b	320
PS	10^{17}	10^{14}	60	1,2	200
ABS	10^{15}	10^{13}	32-38	2,3b	>600
PA 6 suchý	10^{14}	10^{12}	35	3c	>600
PA 6 vlhký	10^{11} - 10^{12}	10^{12}	35	3a	>600
PA 6+30%GF suchý	10^{15}	10^{14}	38	3a	450
PA 6+30%GF vlhký	10^{12}	10^{14}	38	3a	450
PA 66 suchý	10^{14} - 10^{15}	10^{13}	40	3c	>600
PA 66 vlhký	10^{12}	10^{13}	40	3b	>600
PA 66+30%GF suchý	10^{14}	10^{12}	30	3c	450
PA 66+30%GF vlhký	10^{12}	10^{10}	15	3c	450
PA 11 suchý	10^{15}	10^{14}	30	3c	>600
PA 11 vlhký	10^{13}	10^{14}	30	3b	>600
PA 12 suchý	10^{15}	10^{12}	30	3b,c	>600
PA 12 vlhký	10^{14}	10^{12}	30	3b	>600
POM	10^{15}	10^{13} - 10^{15}	35	3b	>600
POM+30%GF	10^{15} - 10^{16}	10^{13}	38	3b	>600
PC	10^{16}	10^{15}	25-35	1	140
PC+30-40%GF	10^{16}	10^{14}	35-50	1	170
PC+ABS	10^{16}	10^{14}	24	1	100
PBT	10^{16}	10^{14}	24	3a,c	460
PBT+30%GF	10^{16}	10^{14}	34	2	180

Tabulka 9
Elektrické vlastnosti plastů

suchý – s téměř nulovým obsahem vody

vlhký – s obsahem vody obpovídající 65% vzdušné vlhkostí

KA – 1-velmi nízká odolnost; 2-nízká odolnost; 3a,b,c-dobrá, velmi dobrá, výborná odolnost.

		Jednotka	1	2	3	4
Zkratka plastu			PA6 GF	PA66	PA66 GF	PBT
Výrobce			BASF	BASF	BASF	BAYER
Plnivo a jeho podíl		%	35 GF	-	35 GF	-
Husota při 23°C	ρ	g/cm ³	1,41	1,13	1,41	1,3
Teplota měknutí dle Vicata		°C	220	250	250	180
Viskozita při smyk. Rychlosti 100 s-1	η	Pa.s	130	105	124	414
a při teplotě materiálu		°C	280	290	290	250
Faktor schpnosti tečení	K_f	bar/mm	1,7	1,79	1,77	1,82
Koeficient rovnice dráhy toku	m		120	130	120	50
Exponent rovnice dráhy toku	n		1.75	1.79	1.77	1.82
Teplota materiálu	T_m	°C	270-290	280-300	280-300	250-270
Teplota formy	T_F	°C	80-90	40-80	80-90	40-80
Teplota odformování	T_E	°C	100	120	120	120
Max. obvodová rychlost šneku	v	m/s	0.3	0.35	0.3	0.2
Faktor mavýšení objemu taveniny	K_a	g/cm ³	122	0.97	1.23	1.XI
Efektivní teplotní vodivost	a_{eff}	mm ² /s	0.088	0.083	0.088	0.09
Rozdíl entalpií	Δh	KJ/Kg	550	550	550	370
Smrštění podélné a příčné		%	0.25/0.75	1.0/1.2	0.25/0.65	1.9/1.9

Tabulka 10
Materiálové hodnoty vybraných technických plastů

	S [mm]								
G [g]	s=1	s=1,5	s=2	s=2,5	s=3	s=3,5	s=4	s=4,5	s=5
0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
<10	2,55	3,06	3,56	4,05	4,55	5,04	5,54	6,03	6,53
10-16	2,59	3,09	3,59	4,09	4,57	5,06	5,56	6,05	6,54
16-25	2,63	3,14	3,64	4,13	4,62	5,10	5,59	6,08	6,56
25-40	2,72	3,22	3,73	4,21	4,69	5,16	5,64	6,12	6,60
40-63	2,84	3,35	3,86	4,34	4,79	5,25	5,72	6,19	6,66
63-100	3,04	3,55	4,08	4,53	4,96	5,40	5,85	6,30	6,76
100-160	3,36	3,88	4,42	4,85	5,24	5,64	6,06	6,48	6,91
160-250	3,84	4,38	4,94	5,33	5,66	6,01	6,38	6,76	7,14
250-400	4,65	5,21	5,80	6,13	6,35	6,61	6,90	7,21	7,53
400-700	6,26	6,87	7,53	7,73	7,77	7,82	7,95	8,12	8,30
K1	1,19	1,15	1,13	1,12	1,11	1,10	1,09	1,08	1,07

Tabulka 11
Stanovení koeficientů D' a K1

Materiál	Teplota taveniny U_m [°C]	Teplota formy U_w [°C]	Střední vyhazovací teplota U_E [°C]	Vstřikovací tlak p_v [Mpa]	Dotlak p_D [Mpa]	Zpětný tlak p_z [Mpa]	Měrná teplotní vodivost a_{eff} [mm ² /s]	Hustota ρ [g/cm ³]
PS	160-280	20-80	60-100	65-100	30-70	4-8	0.086	1.05
ABS	200-270	50-80	60-100	65-155	40-90	4-8	0.084	1.04
PMMA	180-260	20-80	70-110	100-140	50-115	8-12	0.074	1.18
PC	270-320	85-120	90-140	100-160	60-130	8-12	0.112	1.2
PE-HD	200-300	40-60	60-110	60-135	30-80	6-9	0.078	0.95
PE-LD	170-245	20-60	50-90	60-135	30-80	4-8	0.087	0.92
PP	200-300	20-100	60-100	80-140	50-110	6-9	0.067	0.90
PA 6	235-275	60-95	70-110	45-155	35-105	4-8	0.089	1.13
PA 66	260-300	60-90	80-140	65-155	55-105	4-8	0.089	1.14
POM	190-230	40-120	90-150	80-200	70-150	4-8	0.059	1.41
PBT	230-270	30-90	80-140	80-155	50-100	4-8	0.089	1.31

Tabulka 12
Materiálové hodnoty

Vstřikovaný objem [cm ³] přes-do	Doba vstřikování [s]		
	Nizkovyskozní material viskozita η <150Pa.s	Středněviskozní material viskozita η 150-300 Pa.s	Vysokoviskozní materiál material viskozita η >300Pa.s
1-8	0,2-0,4	0.25-0.5	0.3-0.6
8-15	0,4-0,5	0.5-0.6	0.6-0.75
15-30	0,5-0,6	0.6-0.75	0.75-0.9
30-50	0,6-0,8	0.75-1.0	0.9-1.2
50-80	0,8-1,2	1.0.-1.5	1.2-1.8
80-120	1,2-1,8	1.5-2.2	1.8-2.7
120-180	1,8-2,6	2.2-3.2	2.7-4.0
180-250	2,6-3,6	3.2-4.5	4.0-5.5
250-500	3,6-4,8	4.5-6.0	5.5-7.5
500-800	4,8-6,2	6.0-8.0	7.5-10.0

Tabulka 13
Doba vstřikování

vystřik [g]	1	1-3	3-5	5-8	8-10	10-15	15-20	20-30	30-50	50-100	100-200	200-300	300-500	500-800
ram [mm]														
160x160	6	6	6	6	6									
160x230		6	8	8	8	8	8	8	8					
230x230		8	8	8	8	8	8	8	8	8				
230x300			8	8	8	8	8	8	8	8	10			
300x300			8	8	8	8	8	8	8	8	10	10		
300x370				8	8	8	8	8	8	8	10	10	10	
370x370				8	8	8	8	8	8	8	10	10	10	10
370x440				8	8	8	8	8	8	8	10	10	10	12
440x440					8	8	8	8	8	10	10	12	12	12

Tabulka 14
Průměr kanálů
Orientační hodnoty v závislosti na výstřiku a rámu formy



číslo dílu :

1	2	3	4	5	6	7	celkem
27	136	136	40	17	22	27	405

mat. rámu 1.2312
mat. vložek 1.2343 50+2 HRC
1x horká tryska studený rozvod
2x šibr ovládaný mechanicky

A - Cítrubel	120	Hod.
Rám	78 000	Kč
CAD/CAM	42 500	Kč
Grafit - materiál	3 500	Kč
Grafit - výroba	15 000	Kč
CNC	95 000	Kč
EDM	78 000	Kč
Drátovka	24 500	Kč
Bruska	22 500	Kč
Nástrojář	70 000	Kč
Celkem A	429 000	Kč
Celkem A+B	734 110	Kč
Celkem A+B * 1.1	807 521	Kč
Celkem A+B * 1.1	31 667	€

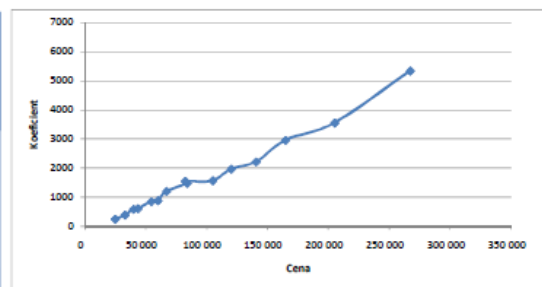
násobnost	2
Rozměr [mm]	X= 346 Y= 396 Z= 405
Hmotnost [kg]	432.83
B - Materiál	1370
Rám - materiál	78 000 Kč
Vložky	6 864 Kč
Kalení	2 746 Kč
Normálle - ostatní	35 000 Kč
Hydraulika	45 000 Kč
Dezen	7 000 Kč
Konstrukce	67 500 Kč
Zkoušky	12 000 Kč
Měření+optimalizace	51 000 Kč
Doprava	7 000 Kč
Celkem B	305 110 Kč

počet vložek	cena mat.	cena komplet
2	110	6 864

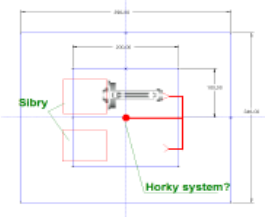
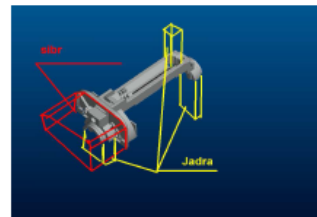
koefficient	243	2616	156 x	156	25 000
	384	2030	196 x	196	33 000
	580	2030	196 x	296	40 000
	605	2525	246 x	246	43 500
	851	2525	246 x	346	54 500
	876	3030	296 x	296	60 000
	1197	3535	346 x	346	67 000
	1468	3030	296 x	496	84 000
	1543	3545	346 x	446	82 500
	1568	4040	396 x	396	105 000
	1964	4050	396 x	496	120 000
	2112	4550	446 x	496	140 500
	2956	5000	496 x	596	164 500
	3552	6000	596 x	596	205 000
	5340	6000	596 x	896	267 000

ceny

1.2343	110
1.2343 ESU	178
dural	150
ampco	1308
S 150	860
EDM 200	1690
EDM 1	3160
EDM 3	5980



POZNÁMKY



From: Marian Končík [mailto:mkoncik@synventive.com]
Sent: Wednesday, May 25, 2011 7:52 AM
To: Vladimír Svoboda
Cc: svoboda.vlad@email.cz; Martin Stastný
Subject: RE: Cena trysky

Vážený pán Svoboda,

cena trysky = 909,- EUR bez DPH, vrátane dopravy.

Termín dodania je 1-2 týždne od objednania, platnosť ponuky je 3 mesiace.

3D +2D Vám zašle kolega.

Pre posúdenie vhodnosti Vášho výberu pre Vašu aplikáciu mi prosím zašlite informácie- material, hmotnosť , typ vstrekovania a ja Vám potvrdím správnosť Vašej voľby.

S pozdravom,

Marián Končík

Application Engineer

phone: +420 226 20 30 20
fax: +420 226 20 30 11
mobile: +420 739 021 000
email: mkoncik@synventive.com
www: www.synventive.com

Synventive Molding Solutions s.r.o
Sezemická 2757/2
193 00 Praha 9
Czech Republic

This electronic transmission and any accompanying documents contain information from Synventive Molding Solutions that is confidential, proprietary, privileged and work product. If you have received this electronic transmission in error, please delete it and any attachments from your system and, if there are any questions, please notify us by telephone immediately. Thanks in advance for your cooperation.

From: Vladimír Svoboda [mailto:vladimir.svoboda@formex.cz]
Sent: Tuesday, May 24, 2011 4:42 PM
To: Marian Končík
Subject: Cena trysky

Dobrý den,

v rámci svojí diplomové práce (konstrukce formy) jsem použil vaši trysku. Mohl bych vás požádat o cenovou nabídku na trysku CBYTE 96 H2.1 R.0 pokud by bylo možné zaslat i výkres trysky, pomohlo by mi to.

Děkuji za ochotu

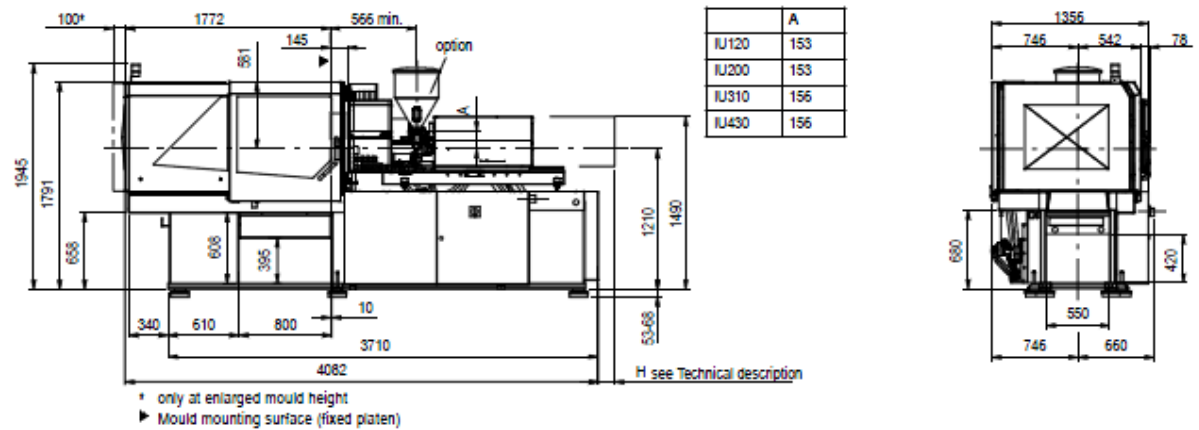
S přátelským pozdravem

Technical Data Systec 80/420

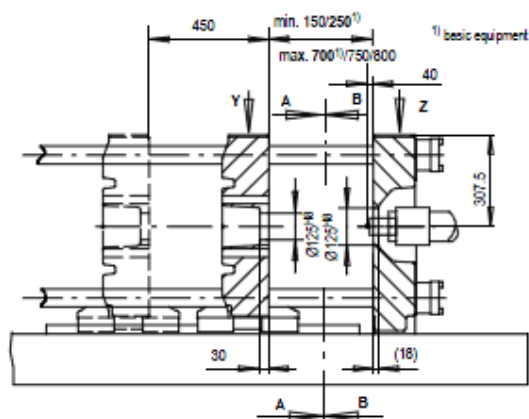
Sumitomo (SHI) Demag	
Model description	
International size description	
Clamping unit	
Clamping force	[kN]
Locking force	[kN]
Max. mould opening stroke	[mm]
Min. mould height	[mm]
Daylight between platens, max.	[mm]
Mould platen (h x v)	[mm]
Distance between tie bars (h x v)	[mm]
Min. permissible mould diameter	[mm]
Ejection stroke	[mm]
Ejection force	[kN]
Retraction force	[kN]
Injection unit	
Screw diameter	[mm]
Screw geometry	
L/D ratio	
Spec. injection pressure (up to 400°C)	[bar]
Cylinder head volume, max.	[cm³]
Max. shot weight (PS)	[g]
Max. rate of injection ²⁾	
> without accumulator ³⁾	[cm³/s]
> with accumulator	[cm³/s]
Plasticising rate (PS)	[g/s]
> motor 1 (120 bar) ³⁾	[g/s]
> motor 2 (120 bar) ³⁾	[g/s]
> electr. screw drive	[g/s]
Max. screw stroke	[mm]
Max. distance of nozzle retraction ⁴⁾	[mm]
Max. nozzle dipping depth (SVO)	[mm]
Nozzle sealing force	[kN]
Number of heating zones	
Hopper capacity ⁵⁾	[litr.]
General data	
Oil tank capacity	[litr.]
Installed electrical rating	
> pump ³⁾	[~kW]
> heating capacity of screw cylinder	[~kW]
> capacity with hydraulic drive ³⁾	[kW]
> capacity with electr. drive ³⁾	[kW]
Dry cycles (Euromap 6) ³⁾	[s-mm]
Net weight (without oil) ⁶⁾	[~kg]
Machine dimensions (l x w x h)	[~m]
Motor end projection 1 (H) ⁷⁾	[mm]
Motor end projection 2 (H) ⁷⁾	[mm]

Systec 80/420												
80/420-120			80/420-200			80/420-310			80/420-430			
800-120			800-200			800-310			800-430			
80/420												
800												
800												
			450			450			450			
			(-100)150			(0)250 ¹⁾			(+50)300			
			(-100)600			(0)700 ¹⁾			(+50)750			
600x800												
420x420												
215												
150												
41												
15												
120			200			310			430			
22	25	30	25	30	35	30	35	40	35	40	45	
standard	standard	standard	standard	standard	standard	standard	standard	standard	standard	standard	standard	
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
2591	2006	1393	2800	1995	1466	2755	2024	1550	2644	2025	1600	
42	61	88	61	106	144	106	168	220	168	231	293	
37	54	78	54	94	128	94	149	195	149	205	259	
93/127/174	120/164/226	173/237/324	83/114/158	121/166/227	164/224/309	87/119/163	119/162/223	156/212/291	91/124/170	119/162/223	150/208/282	
231	299	431	299	431	587	431	587	767	587	767	989	
9/10/10	15/16/17	26/27/29	15/15/15	25/25/25	34/34/34	20/22/26	26/30/35	37/41/48	21/24/28	29/33/39	39/44/52	
9/9/9	15/15/15	25/25/25	11/13/15	20/22/22	26/30/35	16/18/21	21/24/28	29/33/39	17/19/22	23/26/31	31/35/42	
110	125	125	125	150	150	162	175	175	184	184	184	
250			250			250			250			
40			40			40			40			
60			60			60			60			
4			4			4			4			
35			35			35			35			
80/420-120			80/420-200			80/420-310			80/420-430			
180			180			180			180			
15/18,5/22			15/18,5/22			15/18,5/22			15/18,5/22			
5,3	5,8	8,3	5,8	8,3	9,4	8,3	9,4	11,1	9,4	11,1	11,3	
20/24/27	21/24/28	23/27/30	21/24/28	23/27/30	24/28/31	23/27/30	24/28/31	26/30/33	24/28/31	26/30/33	26/30/33	
2,0/1,8/1,3-294			2,0/1,8/1,3-294			2,0/1,8/1,3-294			2,0/1,8/1,3-294			
3850			3900			4000			4000			
4,1x1,4x2,0			4,1x1,4x2,0			4,1x1,4x2,0			4,1x1,4x2,0			

Machine dimensions Systec 80/420

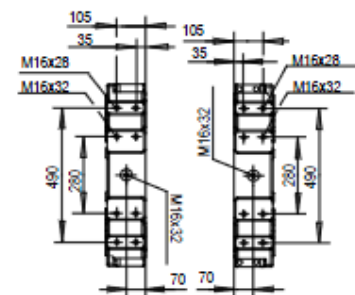


Platen dimensions Systec 80/420



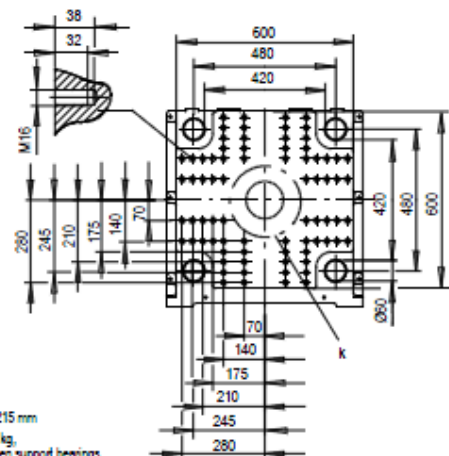
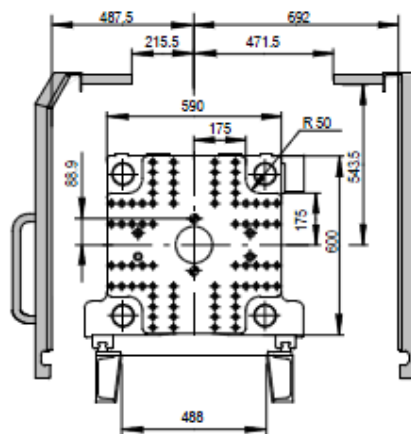
Movable platen

B - B



Fixed platen

A - A



Hole pattern according Euromap
k = minimum permissible mould-Ø 215 mm
Max. permissible mould weight 780 kg,
max. 500 kg of it on the moving platen support bearings