

ABSTRAKT

Abstrakt česky

Diplomová práce se zabývá návrhem designu plastové područky pro židli. Dále se zabývá nahrazením původní kovové nosné součásti plastem a konstrukcí forem pro nosnou část a pro područku s využitím GIT. Tato technologie vytváří ve výstřiku dutinu, která zlepšuje mechanické vlastnosti výstřiku a výrazně zmenšuje množství spotřebovaného materiálu. Této technologii se užívá u tlustostěnných výrobků. Design výrobku a forem byl vytvořen pomocí programu Autodesk Inventor 6. Pro područku byly vytvořeny mechanické a technologické analýzy v programech COSMOS/ Design STAR 3 a Moldflow Plastics Insitht 5.1.

Abstrakt ve světovém jazyce

The diploma work deals with part and mold design with using of GIT. The diploma work solves displacement of metallic part with plastic part. Gas assist Injection Technology creates in part hollows, which improve mechanical properties and materials quantity.

Part and molds were created with help of CAD software Autodesk Inventor 6. Analysis and simulations were run in the software COSMOS/ Design STAR 3 and Moldflow Plastics Insight 5.1.

Poděkování:

Na tomto místě bych rád chtěl poděkovat svému vedoucímu diplomové práce, Ing. Petrovi Halaškovi, za odborné vedení, ochotně poskytnuté rady a soustavnou pozornost, kterou mi věnoval při vypracování diplomové práce.

Souhlasím s tím, že s výsledky mé práce může být naloženo podle uvážení vedoucího diplomové práce a ředitele ústavu. V případě publikace budu uveden jako spoluautor.

Prohlašuji, že jsem na celé diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval.

Ve Zlíně, 20. 5. 2005

.....

podpis

OBSAH

OBSAH.....	5
ÚVOD	7
I. TEORETICKÁ ČÁST	8
1 PROBLEMATIKA VSTŘIKOVACÍCH FOREM.....	9
1.1 KONSTRUKCE FOREM	9
1.1.1 Postup při konstrukci formy	9
1.1.2 Smrštění výstřiku	13
1.1.3 Studené vtokové systémy	14
1.1.4 Vyhřívané vtokové soustavy	19
1.2 FUNKČNÍ SYSTÉMY FOREM	23
1.2.1 Vyhazování výstřiků	23
1.2.2 Mechanické vyhazování.....	24
1.2.3 Temperace forem.....	26
1.2.4 Odvzdušnění forem	28
1.3 METODIKA GIT	29
1.3.1 Konstrukční zásady při použití technologie GIT	30
1.3.2 Popis jednotlivých způsobů vstřikování plynu do formy.....	30
1.3.3 Zařízení pro generování plynu	38
1.3.4 Výhody a nevýhody technologie GIT	39
II. PRAKTICKÁ ČÁST.....	41
2 KONSTRUKCE FORMY PRO PODRUČKU ŽIDLE	42
2.1 NÁVRH DESIGNU PODRUČKY KANCELÁŘSKÉ ŽIDLE	42
2.1.1 Stávající návrh.....	42
2.1.2 Konstrukční požadavky a design rukojeti	43
2.1.3 Modelování područky kancelářské židle.....	44
2.1.4 Volba materiálu	45
2.2 MECHANICKÉ ANALÝZY	46
2.2.1 Výsledky mechanické analýzy	48
2.3 TECHNOLOGICKÁ ANALÝZA	52
2.3.1 Technologická analýza nosné části	53
2.3.2 Výsledky analýzy nosné části	54
2.3.3 Technologická analýza rukojeti	56
2.3.4 Výsledky analýzy rukojeti.....	56
2.4 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY PRO NOSNOU ČÁST	60
2.4.1 Velikost rámu a násobnost	60
2.4.2 Stanovení dělicí roviny	61
2.4.3 Umístění a volba typu vtoku	61
2.4.4 Vyhazování výstřiku	61
2.4.5 Popis konstrukce formy.....	61
2.5 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY PRO RUKOJEŤ	64
2.5.1 Velikost rámu a násobnost	64

2.5.2	Stanovení dělicí roviny	64
2.5.3	Umístění a volba typu vtoku	64
2.5.4	Vyhazování výstřiku	66
2.5.5	Popis konstrukce formy.....	66
2.6	MECHANICKÁ ANALÝZA VSTŘIKOVACÍCH FOREM	69
2.6.1	Analýza vstřikovací formy pro nosnou část.....	69
2.6.2	Analýza vstřikovací formy rukojet'	73
DISKUSE VÝSLEDKŮ		78
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		81
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK		82
SEZNAM OBRÁZKŮ.....		83
SEZNAM TABULEK		85
SEZNAM PŘÍLOH		86

ÚVOD

Materiály, jako je dřevo nebo ocel a jejich základní vlastnosti jsou všeobecně dávno známé. Chemická věda rozšířila množství materiálů známých pouze z přírodních zdrojů

o materiály syntetické, mezi které patří plasty. Plasty jsou relativně mladé materiály a jejich rozvoj a výroba bouřlivě vzrůstá. Důležitými příčinami prudkého rozvoje polymerů jsou výborné vlastnosti materiálu, měrná hmotnost, ekonomická stránka, recyklovatelnost a hlavně existence obrovských zásob dostupných surovin.

Spotřební průmysl klade zvýšené nároky na plasty a jejich zpracování pro různé výrobky v rámci automobilového, leteckého, nábytkářského, potravinářského průmyslu a pro další průmyslová odvětví. S narůstající potřebou těchto plastových výrobků vzrůstají také požadavky na jejich kvalitu, tvarovou přesnost, povrchovou úpravu, ale také na technické a mechanické vlastnosti. Dále je stále více požadována vysoce produktivní a automatizovaná technologie jejich výroby, která je pak zárukou vysoce kvalitních a velmi přesných výrobků.

Konstrukce a výroba forem jsou náročné procesy, které se promítají do ceny nástrojů a následně i do ceny finálních výrobků. Aby bylo dosaženo co nejvýhodnějšího poměru ceny nástroje k ceně finálního výrobku je vhodné jednak používat pro výrobu forem normalizované systémy, ale i využívat nejnovějších poznatků vývoje v oblasti těchto technologií při konstrukci vstřikovacích forem.

Cílem této práce je vyřešit konstrukci vstřikovací formy pro područku židle a to s použitím technologie Gas Injection Technology (GIT), tj. vytvoření dutého profilu vstřikováním plynu. Použitím této technologie při konstrukci formy se předpokládá, že dojde ke zlepšení mechanických vlastností výrobku a sníží se i množství spotřebovaného materiálu. Další výhodou použití této technologie je, že je možno použít vstřikovací stroj s menší uzavírací silou, což se projeví v provozních nákladech a životnosti celého zařízení.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PROBLEMATIKA VSTŘIKOVACÍCH FOREM

1.1 Konstrukce forem

Výroba dílů vstřikováním probíhá na vstřikovacím stroji a ve formě v krátkém čase, za působení dostatečného tlaku, teploty a dalších nutných parametrů. Z toho vyplývají základní požadavky na stroj a formu, které spolu úzce souvisí.

U formy se vyžaduje:

- vysoká přesnost a požadovaná jakost funkčních ploch zhotovené dutiny formy a ostatních funkčních dílů,
- maximální tuhost a pevnost jednotlivých částí formy i celků, pro zachycení potřebných tlaků,
- správná funkce formy, vhodný vtokový systém vyhazování, odvzdušnění, temperování apod.,
- optimální životnost zaručená konstrukcí, materiálem i výrobou.

Vyšší nároky na přesnost a jakost se projeví ve zvýšené pracnosti při jejich konstrukci i výrobě. Větší robustnost forem, kterou vyžadují použité tlaky při vstřikování, často svádí k méně citlivému zacházení. To bývá někdy příčinou jejich nedokonalé funkce, snížené přesnosti i životnosti. Proto je nutné respektovat zásady a směrnice při jejich konstrukci, výrobě i obsluze.

1.1.1 Postup při konstrukci formy

Výkres vyráběné součásti spolu s konstrukčním návrhem a dalšími doplňujícími údaji, jsou podkladem pro konstruktéra forem. Vlastní konstrukce pak má následný postup:

- posouzení výkresu součásti z hlediska tvaru, rozměrů a tvářecích podmínek. Je třeba znovu zkontrolovat rozměry, jejich tolerance, rozdíly v tloušťce stěn s ohledem na propadliny a lunkry. Nesmíme zanedbat ani úpravy ostrých hran a rohů, které vyvolávají velké pnutí a obtížné plnění dutiny.
- určení, případně upřesnění dělicí roviny součásti a způsob zaformování s ohledem na funkci a vzhled. Respektovat také směr a velikost potřebných

úkosů. Zaformování musí odpovídat vhodnému umístění vtoků a vyhazování z dutiny formy.

- dimenzování tvarových dutin a jejich uspořádání ve formě. Volba vhodného typu vtokového systému, velikost průřezů, tvaru a délky hlavního a rozváděcího kanálu i ústí vtoků.
- stanovení koncepce vyhazovacího a temperačního systému i odvodu vzdušné dutiny formy.
- navržení rámu formy s ohledem na danou typizaci, počet i rozmístění dutin, systém vyhazování i temperace formy.
- vhodné uspořádání středění a upínání formy na stroj s ohledem na využití dostupných prostředků. To všechno v rámci bezpečnosti práce.

Celá koncepce konstrukce vstřikovací formy musí směřovat k možné a snadné výrobní technologii dle stanovených požadavků. Je vhodné s objednavatelem návrh formy konzultovat. U externích zákazníků předložit objednateli případné návrhy a doplňky výkresu součásti i návrhu konstrukčního řešení formy ke schválení.

Zaformování výstřiku

Správné zaformování výstřiku a vhodná volba dělicí plochy náleží k rozhodujícím zásadám konstrukce formy. Umožňuje dodržet tvar a rozměry výstřiku i ekonomiku výroby. Vychází z konstrukčního řešení vyráběného dílu.

Dělicí plocha (rovina) bývá zpravidla jako rovina rovnoběžná s upínáním formy. Může však být i šikmá, nebo různě tvarovaná, případně vytváří u výstřiků s bočními otvory hlavní a vedlejší dělicí plochy. Taková koncepce způsobuje obtížnější výrobu formy. Je snaha se takovým tvarům vyhnout. Nepřesnost v dělicí rovině způsobuje obtížnější výrobu formy. Je snaha se takovým tvarům vyhnout. Nepřesnost v dělicí rovině může způsobit nedovření formy během plnění. To má za následek vznik otřepů nebo zvětšení rozměrů výstřiku ve směru uzavírání formy. Proto je třeba, aby dělicí plocha:

- umožnila snadné vyjímání výstřiku z formy,

- byla pravidelná, jednoduchého geometrického tvaru, snadno vyrobitelná a dobře slicovatelná,
- probíhala v hranách výrobku,
- byla umístěna tak, aby splňovala požadavek výroby přesných rozměrů, směr technologických úkosů a souosost výstřiku, pokud je v obou polovinách formy,
- stopa po dělicí rovině nesmí být příčinou funkčních nebo vzhledových závad,
- u více dělicích ploch volit koncepci s ohledem na jejich nejmenší počet.

Pozitivní úlohu hraje dělicí plocha při odvodu dutin formy. I k tomu je třeba přihlídnout. Podrobnější zásady volby dělicí plochy obsahují normy ČSN 640008 a ČSN 640031.

Dimenzování tvarové dutiny

Tvar a rozměry funkčních dílů, které jsou převážně umístěny v různých částech formy, tvoří po jejím uzavření tvarovou dutinu. Jejich dimenzování je důležitou etapou konstrukčního řešení.

Chybně dimenzované rozměry se projeví v nedodržení rozměrů výstřiku. V případě, že se nejedná o rozměr s předepsanou tolerancí, lze tuto chybu napravit úpravou technologických parametrů, někdy však jen nákladnou korekcí rozměrů formy.

Povrch i rozměry výstřiku jsou dány přesností tvarové dutiny a kvalitou její plochy, která je obvykle složena z tvárnice, tvárníku, jader a tvarových vložek. Přesnost dutin se pohybuje v rozmezí IT 8 až IT 10 a ovlivňují ji tři činitelé:

- smrštění plastu (provozní),
- výrobní tolerance,
- opotřebení formy.

Nejčastější příčinou chybného dimenzování rozměrů je především nepřesný odhad smrštění daného rozměru v průběhu tváření plastu. Správný odhad velikosti (tzv. provozního) smrštění pro konkrétní rozměry dílů, je někdy obtížné určit, neboť

výpočetní smrštění se u složitějších výstřiků jen zřídka kryje s hodnotou uváděnou v tabulkách výrobců plastů. Konstrukér je většinou odkázán na vlastní zkušenosti. Exaktní podklady umožňující přepočet smrštění udávaného výrobcem plastu (ze zkušebních tělísek) na smrštění reálných těles dosud neexistuje.

Velikost smrštění ovlivňuje:

- tvar výstřiku (rozměry a tloušťka stěn, ...)
- konstrukce formy (vtokový systém, poloha ústí vtoku, velikost jeho průřezu, temperace formy, ...)
- technologie vstřikování (tlak, teplota taveniny, ...)

Způsob výroby formy, především dutiny určuje její přesnost i výrobní toleranci. Při jejím stanovení se vychází s ČSN 014265. Opotřebení dutin formy se odhaduje na 10 až 40 % z celkové tolerance výrobku.

Úprava povrchu dutin formy

Dutina formy je určena především tvarem s příslušnými rozměry, ale také jakostí jejího povrchu. Zhotoví se podle požadavku na povrch vyráběné součásti, protože její povrch je obrazem povrchu dutiny formy.

Povrch se vyrábí jako:

- matný, který je technologicky nejjednodušší. Běžně je výchozí plochou po elektroerozivním obrábění. Může se však vyrobit i jinými technologiemi (ruční úpravou, otryskáváním apod.) Podle požadované jakosti se obvykle stanoví i způsob jejího dokončení.
- lesklý, vyžaduje poměrně nákladnou a náročnou operaci. Forma musí být vyrobena z kvalitní oceli a také technologie vstřikování musí být na vysoké úrovni. Dutina se leští různými mechanickými pomůckami nebo elektrickými jednotkami s rotačním, přímočarým i planetovým pohybem, za pomoci správného brusného tělíska nebo brusné pasty. Stupeň lesku je třeba definovat – zrcadlový, vysoký lesk, apod.

- dezénovaný povrch nachází stále větší uplatnění. Nemá pouze estetický význam, ale zakrývá i některé drobné povrchové vady na výstřiku. Dezénovat se mohou všechny plochy rovinné i zakřivené, které jsou přístupné.

Nejčastější výrobní technologií dutiny formy je elektroerozivní obrábění. Hrubost obrobeného povrchu je nastavitelná elektrickými veličinami. Nejširší výběr dezénovaných vzorů umožňuje fotochemický způsob v leptací lázni. Nejjednodušší technologií výroby dezénu je otryskávání. Je však omezena tvarem povrchu i přesnější definicí vzoru. Čím jemněji je povrch opracován, tím se dosáhne kvalitnějšího dezénu.

Široký rozsah výrobních možností úpravy povrchu formy, obvykle splňují požadavky na jakost povrchu výstřiku. Různé způsoby se mohou vzájemně kombinovat a tak dosáhnout požadovaného účelu.

1.1.2 Smrštění výstřiku

Velikost smrštění je rozdíl mezi rozměrem dutiny formy a skutečným rozměrem výrobku. Udává se v %. Jeho velikost závisí na teplotní roztažnosti plastu a dalších činitelích.

Smrštění se rozděluje do dvou časových fází. Velikost provozního smrštění se stanoví 24 hodin po výrobě součásti a představuje až 90 % z jeho doby. Zbytek je dodatečné smrštění, které probíhá poměrně dlouho v závislosti na typu polymeru. Smrštění lze urychlit temperací (stabilizace výrobku).

Velikost smrštění nemusí být ve všech směrech stejná. Asymetrické plnivo (skleněná vlákna), směr proudění taveniny, orientace makromolekul u semikrystalického plastu apod. způsobuje anizotropii definovanou jako rozdíl smrštění ve směru podélném a příčném na tok taveniny. Je vyjádřen také v %.

Velikost smrštění je ovlivněna jak vlastnostmi plastu, tvarem výstřiku, technologií vstřikování, ale i vstřikovací formou (vtokovou soustavou a teplotou chlazení). Správný odhad hodnoty smrštění případně jejich korekce pro přesné výstřiky je obtížný úkol. Stanovená velikost je jen orientační. Proto je vhodné u přesných výstřiků dimenzovat rozměry dutin tak, aby bylo možné je případně snadno opravit. Pro běžné rozměry výstřiku

jsou udávané hodnoty smrštění dle tabulek dostačující. Legalizaci smrštění u výstřiků, jejichž rozměry je možno na výkrese dodatečně změnit dle skutečného smrštění, je doporučeno provést opravu rozměrů a dle skutečně naměřených hodnot a určené technologie vstřikování. U součástí, jejichž rozměry jsou vázány na protisoučást vyrobenou ze stejné hmoty lze obvykle smrštění u funkčních styčných rozměrů pominout tím,

že u obou dochází prakticky ke stejnému smrštění.

Definice jednotlivých pojmů a jejich matematické vyjádření je v ČSN 640808 a toleranční pole plastů v ČSN 014265.

1.1.3 Studené vtokové systémy

Vtokový systém formy zajišťuje při vstřiku vedení proudu roztaveného plastu od vstřikovacího stroje do tvářecí dutiny formy. Naplnění dutiny termicky homogenní taveninou má proběhnout v nejkratším možném čase a s minimálními odpory.

Průtok taveniny vtokovým systémem je provázen složitými tepelně-hydraulickými poměry. Tvar a rozměry vtoku spolu s umístěním jejího ústí ovlivňují:

- rozměry, vzhled i vlastnosti výstřiku
- spotřebu materiálu plastu
- náročnost opracování na začištění výstřiku
- energetickou náročnost výroby.

Zásadní rozdíly v celkovém uspořádání vtokového systému jsou dány především konstrukcí formy a její násobností. U vícenásobných forem má tavenina dorazit ke všem ústím vtoku za stejného tlaku a současně (vyvážené vtoky).

Při volbě určitého vtokového systému se vychází z toho, že tavenina se vstřikuje velkou rychlostí do relativně studené formy. Během průtoku studeným vtokovým systémem viskozita taveniny na vnějším povrchu prudce roste, nejnížší je uprostřed. Vysoká viskozita vyžaduje vysoké tlaky v systému (40 až 200 MPa).

Ztuhlá povrchová vrstva taveniny vytváří tepelnou izolaci vnitřnímu proudu taveniny. Za tohoto stavu se zaplní celá dutina. V okamžiku zaplnění vzroste prudce odpor

a poklesne průtok. V dutině formy nastává postupné tuhnutí taveniny odvodem tepla do stěn formy. Další doplňování taveniny může nastat jen jejím elastickým stlačením. Ve vtokových ústích ještě v tomto okamžiku dochází k vývinu tepla vlivem tlaku a tím oddálení ztuhnutí taveniny. V případě, že již stroj není schopen překonat tlakové ztráty, dochází k poklesu rychlosti vstřiku a celkovému ochlazení plastu ve vtokovém systému i v dutině formy.

Při proudění taveniny vtokovým systémem dochází také vlivem tření k vývinu tepla, které se koncentruje do míst nejvyššího smykového napětí. Tam může dojít k výraznému zvýšení teploty až o 200 °C. I když toto zvýšení je jen krátkodobé, u citlivých plastů může dojít k jejich degradaci. Tepelná vodivost plastů je nízká a proto ohřátí formy v těchto místech není velké.

Na obrázku (Obr. 1) je přehled významných systémů vtokového ústí.

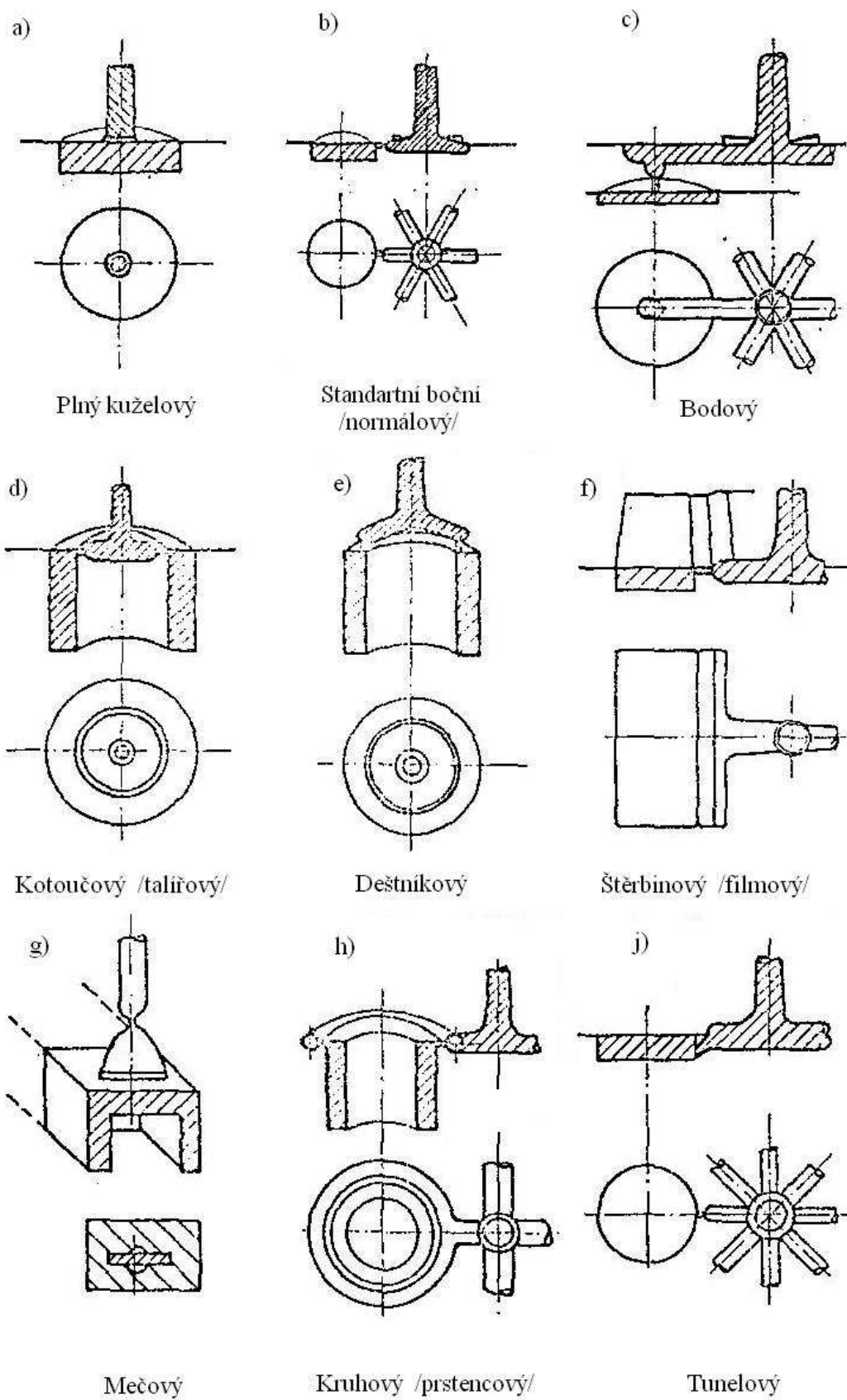
Plný kuželový vtok

Přivádí taveninu do tvarové dutiny formy bez zúženého vtokového ústí. Používá se převážně u jednonásobných forem se symetricky uloženou dutinou. Je vhodný především pro tlustostěnné výrobky. Z hlediska působení dotlaku je velmi účinný, protože vtok tuhne ve formě poslední.

Jeho odstranění je pracné a zanechává vždy stopu na výstřiku. Pro určení jeho průměru platí, že ústí vtoku má být o 1 až 1,5 mm větší, než tloušťka stěny výstřiku. Pro menší tloušťky stěn výstřiku je vhodné vytvořit proti ústí čočkovité zahloubení.

Bodový vtok

Je nejznámější typ zúženého vtokového ústí zpravidla kruhového průřezu, který leží mimo nebo i v dělicí rovině. Může vycházet přímo z vtokového kanálu, z předkomůrky nebo z rozváděcích kanálů. Vyžaduje systém třídeskových forem. U tohoto typu musí být zajištěno, aby nejprve došlo k odtržení vtokového ústí a teprve potom k otevření formy v dělicí rovině s tvarovou dutinou.



Obr. 1. Základní typy vtokových ústí

Obdobně se řeší vtokové ústí u předkomůrky, kde při odformování musí být společně s výstřikem vytažen i všechen zbylý materiál z vtokového ústí. Vzniku vytržení otvoru ve výstřiku se dá také zabránit vytvořením čočkovitého nálitku proti ústí, které významně zlepšuje plnění formy. Zdrsnění povrchu formy v oblasti nálitku (pokud je přijatelné z hlediska funkce výstřiku) zamezí posun již částečně ztuhlých povrchových vrstev polymeru v oblasti největšího smykového namáhání.

Používané velikosti průřezu bodového ústí získané praxí se volí v závislosti na hmotnosti výstřiku a korekcí na tekutost plastu. U méně tekutých plastů a plněných plastů pro větší výstřiky, se použití bodových ústí vtoků nedoporučuje.

Tunelový vtok

Je zvláštní případ bodového vtoku, který má tu výhodu, že vtokový zbytek může ležet v téže dělicí rovině jako výstřik. Umístění může být v pevné i v pohyblivé části formy. Není proto nutné konstruovat formy s více dělicími rovinami.

Předpokladem dobré funkce tunelových vtoků je existence ostré hrany, která odděluje při odformování vtokový zbytek od výstřiku. To je třeba zvážit u vzhledově náročných výstřiků. Není-li zaústění do boku výstřiku možné, využívá se zaústění do vnitřního nálitku, žebra apod. Může se případně vytvořit i náletek, pokud to funkci výstřiku nevadí.

Oddělení vtokového zbytku se provádí buď při otevírání formy, nebo pro vyhazování výstřiku. Umístění vtoku v pevné části je pro odformování obtížnější. Na začátku otevírání je k dispozici málo místa k odpružení vtoku.

Rozměry ústí jsou shodné s hodnotami pro bodový vtok. Při konstrukci tunelového vtoku se nesmí zapomínat na přidržovač vtokového kanálu, obvykle kombinovaný s vyhazovačem. Jeho vzdálenost od ústí má být dostatečná (12 až 15 mm). Ostré hrany, které by mohly způsobit zalomení vtokového zbytku ve vtokovém ústí je třeba zaoblit.

Z hlediska výroby je způsob poměrně náročný. Vyrábí se většinou elektrojiskrovým hloubením. To umožňuje dodržení přesného rozměru vtoku. Volba tunelových vtoků u výstřiku vyžaduje plast s dostatečnou elasticitou. Proto se obtížně aplikují v PS, SAN,

MMA/S, apod. Vtoky jsou vhodné pro výrobu tenkostěnných výstřiků bez viditelné stopy po vtoku na jeho vzhledové části.

Zvláštním typem tunelového vtoku je srpkovitý vtok, který umožňuje umístit vtokové ústí do části výstřiku, ve kterém nepůsobí rušivě. Takový vtok je vhodný jen pro plasty s vysokou elasticitou.

Boční vtok

Je také typem se zúženým vtokovým ústím, které leží v dělicí rovině. Průřez bývá obvykle obdélníkový, ale může být i jiný (kruhový, lichoběžníkový). Je nejrozšířenějším a nejpoužívanějším vtokovým ústím. Při odformování zůstává zpravidla výstřik od vtokového zbytku neoddělený. Při automatickém cyklu se řeší jeho oddělování zvláštním odřezávacím zařízením, které je součástí formy.

Vtokové ústí bývá napojeno na rozváděcí kanál zúžením průtokového průřezu. V tomto místě pak dochází ke zvýšení teploty taveniny. Pokud toku tak není, dochází k horšímu plnění dutiny formy, případně vznikají na výstřiku povrchové vady.

Pro zlepšení, ale především zamezení volnému vstřikování taveniny do dutiny se ústí upraví do tvaru vějíře nebo se používá bočních vtoků s překrytím. Při výrobě takového vtokového ústí nemůže dojít k poškození tvárnice a stopa po vtoku zůstává na spodní straně výstřiku.

U aplikací, které vylučují vznik oblastí velkých vnitřních pnutí, se používá nepřímých vtoků (optické prvky, mechanicky silně namáhané výstřiky). Vtokové ústí je umístěno do nálitku, který se případně odstraní obráběním. Orientace ústí kolmo k nálitku napomáhá rovnoměrnému plnění dutiny formy bez nebezpečí volného vstřikování taveniny.

Filmový vtok

Je nejpoužívanější ze skupiny vtokových ústí hlavně k plnění kruhových a trubicových dutin s vyššími požadavky na kvalitu. K nim se ještě řadí vtoky diskové, prstencové, deštníkové a další.

Od filmového vtoku se vyžaduje:

- dodržení rovinnosti, přímosti, přesnosti tvaru výstřiku;
- malé vnitřní pnutí;
- odstranění studených spojů;
- vyvážení tlaku, kterým proudící tavenina působí na jádra nebo zálisky;
- zmenšení rychlosti taveniny vstupující do dutiny formy;
- zmenšení odporu vtokového systému.

Rozvedení taveniny do jednotlivých míst vtokového ústí není rovnoměrné. Tlak klesá s rostoucí vzdáleností od rozváděcího kanálu. To se řeší proměnnou tloušťkou ústí nebo rozváděcího kanálu.

Tloušťka, délka a tvar vtokového ústí se volí podle stejných zásad jako u bočního ústí. Vzhledem k obtížím s odřezáváním vtokového zbytku volí se co nejmenší tloušťka. Její minimální hodnota bývá 0,3 mm, u plněných plastů 0,5 mm.

Plnění dutiny více vtoky

Pro výstřik je účelné naplnit dutinu formy taveninou jedním vtokem. Neumožňuje-li to tvarová dutina (nebo i jiný důvod – rychlost naplnění) použije se více vtoků. Před použitím je třeba zvážit jejich vliv na uzavírání vzduchu a vzniku studených spojů při setkání proudů taveniny z jednotlivých vtoků.

1.1.4 Vyhřívané vtokové soustavy

Snaha po úsporách plastu i práce vedla k metodě vstřikování bez vtokového zbytku. Realizuje se za pomoci vyhřívaných vtokových soustav (VVS). Dříve než se došlo k současným typům VVS, předcházela jim řada jednodušších systémů, které se postupně zdokonalovaly, jako např. se zesílenými vtoky, izolovanými vtokovými soustavami s předkomůrkami apod. Dnešní vyhřívané vtokové soustavy mají vyhřívané trysky, které jsou charakterizovány minimálním úbytkem tlaku i teploty v systému s optimálním tokem

taveniny. To umožnila především výroba vysokovýkonných a minimálních topných těles a některých dalších jejich dílů.

Od forem s běžnými studenými soustavami se liší především tím, že dnešní typy VVS se nakupují od specializovaných výrobců. Jednotlivá konstrukční provedení i rozsah jejich použití jsou rozdílné. Proto je nutné při použití určitého systému vyžádat si od daného výrobce potřebné podklady, případně i technickou konzultaci.

Používání VVS stále narůstá, protože:

- umožňuje automatizaci výroby,
- zkracuje výrobní cyklus,
- snižuje spotřebu plastu – vstřikuje se bez vtokových zbytků,
- snižuje náklady na dokončovací práce s odstraňováním vtokových zbytků,
- odpadá manipulace a regenerace zbytků vtoků a problémy při jejich zpracování.

Technologie vstřikování s použitím VVS spočívá v tom, že tavenina po naplnění formy zůstává v celé oblasti vtoku až do ústí formy v plastickém stavu. To umožňuje použít jen bodové vyústění malého průřezu, které je vhodné pro širokou oblast vyráběných výstřiků. I přes malý průřez vtoku je možné částečně pracovat s dotlakem. U všech způsobů bezvtokového vstřikování je vhodné v místě jeho vyústění provést na výstřiku zahloubení, aby případný nepatrný vtokový zbytek nevystupoval přes jeho úroveň. Součástí systému je regulace teploty VVS i formy. Celá soustava umožňuje snadnou montáž, demontáž, vyčištění a znovu nasazení do provozu.

Soustava VVS však vyžaduje podstatně složitější a výrobně nákladnější formy, obslužný personál i strojní zařízení (konstruktér, technolog, pracovník ve vstřikovně) musí být na příslušné technické úrovni. Dále je třeba zajistit VVS včetně regulátoru a snímačů. To všechno zvyšuje energetickou náročnost výroby.

Ekonomickou výhodnost forem pro bezodpadové vstřikování je třeba posuzovat z hlediska celého výrobního procesu. Nepřetržitý provoz, dokonalé zpracovatelské vybavení i vhodné zpracovatelské vlastnosti plastů jsou určujícími faktory.

Vyhřívané trysky

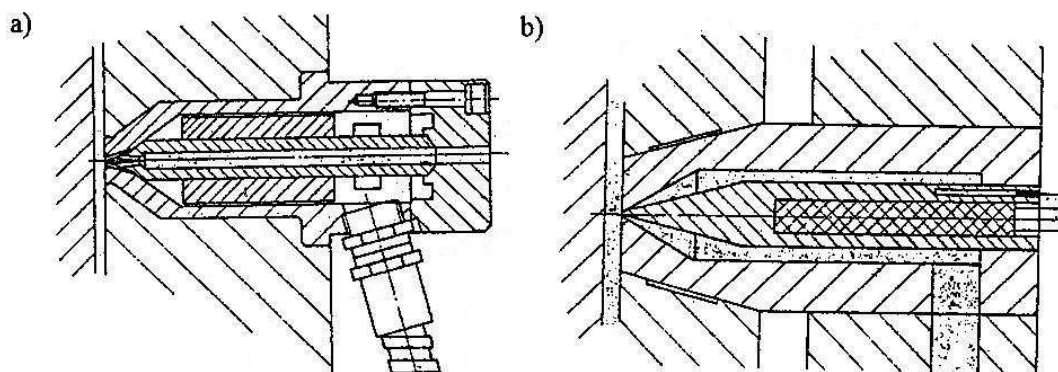
Jejich konstrukce umožňuje propojení vstřikovacího stroje s dutinou formy, při dokonalé teplotní stabilizaci. Tryska má vlastní topný článek i s regulací, nebo je ohřívána jiným zdrojem vtokové soustavy. Výrazně umožňuje zlepšit technologické podmínky vstřikování. Takové vyhřívané vtokové soustavy (VVS) si obvykle uživatel sám nevyrábí, ale nakupuje u specializovaných firem. Ti je vyrábí v širokém konstrukčním sortimentu. I v tuzemsku jsou činěny pokusy o jejich realizaci. Výsledky však nedosahují úrovně a šíře sortimentu zahraničních firem.

Nepřímo ohřívané trysky, jejichž jednodušší provedení si zpracovatel může sám vyrobit, se vyznačují dvěma provedeními:

- dotápěné vyústění izolovaného rozvodu vtoku. Je charakterizováno miniaturním topným tělesem, které je zabudováno do ocelového pouzdra, jehož špička zasahuje do vyústění vtoku. U tohoto způsobu je nutné dodržovat poměrně rychlý pracovní cyklus.
- druhý způsob se vyznačuje přenosem tepla z vyhřívaného rozvodu vtoků na trytku. Je dokonalejší oproti dříve popisovaným systémům. Používá se pro vícenásobné formy.

Konstrukční provedení přímo ohříváných trysek je charakterizováno dvěma základními principy:

- trysky s vnějším topením (Obr. 2a), kde tavenina proudí vnitřním otvorem tělesa trysky. Těleso je z tepelně vodivého materiálu. Při vstřikování abrazivních plastů je ocelový materiál legován molybdenem. Z vnějšku je kolem tělesa trysky umístěno topení.
- trysky s vnitřním topením (Obr. 2b). U tohoto systému tavenina obtéká vnitřní vyhřívanou vložku (torpédo), zhotovenou také z materiálu s dobrou tepelnou vodivostí.



Obr. 2. Vyhřívaná tryska: a) s vnějším vytápěním, b) s vnitřním vytápěním

Oba typy trysek jsou konstrukčně upraveny tak, že ústí je:

- otevřené pro plast, který netáhne vlas (PE)
- se špičkou (s hrotem) pro plast náchylný k tažení vlasu (PS, ABS, PP)
- s uzavírací jehlou
- speciálně tvarované.

Vlastní vyústění vtoku do dutiny formy může být provedeno:

- jedním otvorem přímo proti vtokovému kanálu. U tohoto uspořádání však při rychlejších pracovních cyklech někdy tavenina nestačí zatuhnout a na výstřiku zůstane stopa ve tvaru výstupku, nebo se i „tahá vlas“.
- více otvory, kde je odstraněna nevýhoda popisovaná u předešlé trysky. Obvykle se vyrábí dva otvory po 180° , nebo tři po 120° o průřezu 1 až 3 mm podle hmotnosti výstřiku. Otvory bývají skloněny k ose vtokové vložky pod úhlem 15° až 30° .

Vyhřívané trysky mají uzavírací jehlu ovládanou pružinou nebo pákou s hydraulickým případně pneumatickým ovládáním. Funkce trysky ovládané pružinou je následující:

Tavenina se při vstřikování dostává do prostoru před jehlou. Vlivem vstřikovacího tlaku se posune jehla do zadní polohy a tím se otevře ústí vtoku. Potom nastává plnění dutiny formy. Při poklesu vstřikovacího tlaku se jehla posune působením tlaku pružiny do přední polohy a ústí vtoku uzavře. Ovládání jehly musí být seřiditelné v závislosti

na použitém tlaku. Jehlu však lze ovládat i pneumaticky nebo hydraulicky, jak bylo již dříve uvedeno. Jehla bývá vyrobena z oceli 19 452, kalena na 54 HRC. Ve vedení je uložena s maximální vůlí 0,015 mm.

Výhodou tohoto vtoku je odstranění stopy po vtoku na výstřiku, zvětšené ústí vtoku a tím rychlejší plnění dutiny a menší možnost zatuhnutí hmoty v ústí vtoku. Proto lze tento způsob aplikovat i na složité a náročné výstřiky. Nevýhodou jsou velké nároky na přesnost vtokového systému včetně volby materiálu a větší nároky na údržbu a seřízení.

K dispozici jsou také rozdílné napěťové systémy ohřívání trysek s provozním napětím 5 V, 24 V a 230 V. V nízkonapěťové oblasti se mohou realizovat minimální velikost stavebních rozměrů trysek a tím i minimální rozměr umístění jednotlivých hnízd formy (cca 20 mm). Jejich nevýhodou je velký průřez proudového kabelu (až 16 mm²) [1].

1.2 Funkční systémy forem

Vstřikovací forma je nástroj, který je naplňován v průběhu vstřikování roztaveným plastem. Upíná se na vstřikovací stroj, který dopraví taveninu do jeho dutiny. Forma je složená z jednotlivých částí, z nichž každá plní požadovanou funkci. Použitý plast, zaformovaný výstřik i vstřikovací stroj značně ovlivňují výrobní technologii.

K rozhodujícím funkčním systémům se řadí vyhazování výstřiku, temperace formy a odvzdušnění. Neméně důležité jsou vhodné a dostatečně tuhé rámy forem. Ve speciálních případech formu doplňují posuvné boční čelisti, způsob vyhazování výstřiků se závity, ostřihování jejich vtokových zbytků apod.

1.2.1 Vyhazování výstřiků

Vyhazování výstřiků z formy je činnost, kdy se z dutiny nebo z tvárníku otevřené formy vysune nebo vytlačí zhotovený výstřik. K tomu slouží vyhazovací zařízení, které doplňuje formu a svoji funkcí má zajišťovat automatický výrobní cyklus.

Má dvě fáze:

- dopředný pohyb, vlastní vyhazování,

- zpětný pohyb, návrat vyhazovacího systému do původní polohy.

Základní podmínkou dobrého vyhazování výstřiku je hladký povrch a úkosovitost jejich stěn ve směru vyhazování. Úkosy nemají být menší než 30°. Vyhazovací systém musí výstřik vysouvat rovnoměrně, aby nedošlo k jeho přičení, a tím ke vzniku trvalých deformací, nebo k jinému poškození. Umístění vyhazovačů, jejich tvar a rozložení může být velmi rozmanité. Může se jich využít k vytváření funkční dutiny nebo jako část tvárníku. U hlubokých tvarů je třeba počítat s jejich zavzdušněním.

Po vyhazovacích kolících zůstanou obvykle na výstřiku stopy. Jsou-li na závadu, výstřik se podle možnosti opraví, nebo se nahazovač umístí na tu stranu, kde vzhledu nevadí. Může se změnit i způsob vyhazování. Tím se ale často změní i zaformování výstřiku a také celá koncepce formy. Mimo výstřiků se vyhazuje i vtokový zbytek. Při vhodném uspořádání se může vtokový zbytek od výstřiku záměrně oddělit. Pohyb vyhazovacího systému se vyvine:

- narážecím kolíkem o traverzu vstřikovacího stroje při otevírání formy. Narážecí kolík je axiálně seřiditelný,
- hydraulickým, nebo pneumatickým zařízením, které bývá obvykle příslušenstvím vstřikovacího stroje. Umožňuje měkké vyhazování,
- ručním vyhazováním nejrůznějšími mechanismy. Je vhodné pro jednoduché a zkušební formy. Obvykle bývá umístěno na formě.

Zpětný pohyb je zajišťován:

- vratnými kolíky,
- pružinami vždy v kombinaci s jiným systémem,
- speciálním mechanickým, vzduchovým nebo hydraulickým zařízením.

1.2.2 Mechanické vyhazování

Je nejrozšířenějším vyhazovacím systémem. Používá se všude tam, kde je to jen možné. Jeho konstrukce má různá provedení, která představují:

- vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků,
- vyhazování pomocí stírací desky,

- šikmé vyhazování,
- postupné vyhazování a jiné metody vyhazování.

Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků

Je nejčastějším a nejlevnějším způsobem vyhazování výstřiků. Uvedený systém lze použít všude tam, kde je možné umístit vyhazovače proti ploše výstřiku ve směru vyhození. Je výrobně jednoduchý a funkčně zaručený.

Kolík se má opírat o stěnu nebo žebro výstřiku a nesmí ho při vyhazování bortit. Jinak by mohla nastat jeho trvalá deformace. Po styčných plochách vyhazovacích kolíků zůstávají na výstřiku stopy. Proto není vhodné je umístit na vzhledových plochách. Pokus je vyhazování vybaveno větším množstvím vyhazovacích kolíků, obtížněji se u formy zhotovují temperační kanály.

Vyhazovací kolíky jsou základním prvkem mechanického vyhazování. Mají být dostatečně tuhé a snadno vyrobitelné. Jsou obvykle válcové. Mohou však mít jakýkoliv jiný tvar. Ve formě jsou uloženy v tolerancích H7/g6, H7/h6, H7/j6 podle požadované funkce a tekutosti plastu. Vůle v uložení působí i jako od vzdušnění. Tvar i způsob ukotvení má nejrůznější podobu.

Vyhazování stírací deskou

Představuje stahování výstřiku z tvárníku po celém jeho obvodu. Vzhledem k velké styčné ploše, nezanechává na výstřiku stopy po vyhazování. Jeho deformace pak jsou minimální a stírací síla velká. Používá se především u tenkostěnných výstřiků, kde je nebezpečí jejich deformace, nebo u rozměrných, které vyžadují velkou vyhazovací sílu. Stírání je vhodné jen tehdy, dosedá-li výstřík na stírací desku v rovině, nebo plocha výstřiku je mírně zakřivena.

Pro zvýšení životnosti je stírací deska obvykle vyložena tepelně zpracovanou tvarovou vložkou, upevněnou v desce.

Vyhazování pomocí šikmých vyhazovačů

Je speciální formou mechanického vyhazování. Vyhazovací kolíky nejsou kolmé k dělicí rovině, ale jsou uloženy k ní pod různými úhly. Využívají se k vyhazování malých a středně velkých výstřiků s mělkým vnitřním, nebo vnějším zápichem. Tím se odstraní náročné posuvné čelisti s klínovým mechanismem.

Při vyhazování výstřiku se zápichem, vyhazovače svým šikmým pohybem uvolňují zvětšenou, případně zmenšenou část výstřiku při jeho současném vyhození. Zápich může být vytvořen přímo na vyhazovači, nebo s šikmo uloženými kolíky jsou pevně spojeny čelisti, se kterými plní obdobnou funkci.

Dvoustupňové vyhazování

Patří do skupiny mechanického vyhazování. Vyžaduje dva vyhazovací systémy, které se vzájemně ovlivňují. Způsob umožňuje vyhazovat výstřiky s rozdílným časovým rozložením vyhazovacího zdvihu i jeho velikosti. Proto se s výhodou používá například k vyhazování slabostěnných výstřiků v kombinaci – stírání s vyhazovacími kolíky, při šikmém vyhazování výstřiků se zápichem apod.

Využívá se také při oddělování (ostřihování) vtokových zbytků od výstřiků spolu s jejich vyhazováním. Pracuje takovým způsobem, že jednou skupinou zdvojených vyhazovačů se odstříhnou vtoky a druhou se zpožděným zdvihem se výstřiky vyhodí [2].

1.2.3 Temperace forem

Temperací forem rozumíme jejich udržování na požadované teplotě. Teplota formy při vstřikování termoplastů bývá zpravidla v rozmezí 30 – 120 °C, ve speciálních případech může se tento interval rozšířit od -5°C do +250°C. Správně navržený temperační systém umožňuje:

- optimální dobu vstřikovacího cyklu a hospodárnost provozu,
- dosažení kvalitních výrobků při optimální struktuře (fyzikální vlastnosti, přesnost, vzhled).

Správně řešený temperační systém dává rovněž předpoklady pro dobrou funkci formy. Na řešení temperačního systému má vliv více faktorů, z nich je nutno uvést zejména

- druh vstřikovaného materiálu,
- velikost a tvar výstřiku, příp.dráhu toku a tloušťku stěn výstřiku,
- požadavky na jakost a přesnost výstřiku,
- druh a rozměry vtokového systému.

Tokové a tepelné vlastnosti plastů uplatňují svůj vliv na způsob temperace formy. Množství tepla, které je třeba při chlazení odvést, závisí na rozdílu entalpií při teplotě vstřikování a při teplotě vyhazování z formy.

Na průběh chlazení má také vliv tepelná vodivost vstřikovacích hmot. Dalším faktorem je tekutost plastu a její závislost na teplotě. Závisí-li tekutost silně na teplotě, je nutné pro takový materiál volit vyšší teploty formy. Např. tlustostěnné výstřiky vyžadují intenzivní chlazení. Pro dlouhé dráhy toku je třeba teplotu formy naopak zvýšit. Problém sdílení tepla je třeba chápat ve dvou aspektech. Jednak jde o přestup tepla z plastu do formy, jednak z formy do temperačního média.

Výměna tepla mezi materiálem výstřiku a formou je poměrně rychlá vzhledem k malým tloušťkám stěn výstřiku. Doba ochlazování bude zřejmě záviset na této tloušťce a druhu vstřikovaného materiálu.

Průřez temperačních kanálů se volí zpravidla kruhový. Jejich průměr bývá nejčastěji v rozmezí 6-20 mm. Další zvětšování kanálu je neúčinné, protože intenzita tepelné výměny se již nezvětšuje a navíc se silně zvětšuje množství cirkulujícího média, aby se zachovaly příslušné přestupní koeficienty.

Kanály se umísťují tak, aby médium přicházelo do nejteplejšího místa na formě a aby se teplotní rozdíl ve směru dráhy toku zmenšoval.

Tvárníky se temperují uspořádáním kanálů tak, aby se médium přivádělo k čelu tvárníků a kanály byly spolehlivě omývány médiem. Intenzita přestupu se zvyšuje vířením protékajícího média kolem vhodných překážek.

Nutno vždy počítat s těsněním manžetami nebo častěji O-kroužky. V některých případech je výhodné použít měděných trubek uložených do drážek, případně zalitých kovem s nízkou teplotou tavení.

Volbu temperačního systému a řešení chladicích okruhů značně komplikují vyhazovací prvky. Také členité výrobky vyžadují často složité temperační kanály. Zejména tenké výstupky a dlouhá jádra se obtížně temperují. Používá se často též vložek z vysoce vodivých kovů. Jako temperačního média se nejčastěji používá vody. Pro teploty vyšší (až 300 °C) lze použít oleje. Výjimečně lze k chlazení použít také stlačeného vzduchu. Pro teploty nízké (-10 až -25 °C) se používá roztoků solí [4].

1.2.4 Odvzdušnění forem

Odvzdušnění tvarových dutin forem zdánlivě nepatří k dominantním problémům při navrhování forem. Jeho důležitost obvykle vyplyne až při zkoušení hotového nástroje, kdy odvzdušnění může být příčinou nekvalitního vzhledu výstřiku, nebo jeho nízkých mechanických vlastností. Odvzdušnění lze někdy zhotovit snadno, jindy je však jeho vyřešení obtížné. Nezbytná znalost některých zákonitostí při plnění formy ušetří pracovníkům mnoho starostí.

Dutina formy je před vstřikováním naplněna vzduchem. Při jejím plnění taveninou je třeba zajistit únik vzduchu a případných zplodin. Čím je větší rychlost plnění, tím účinnější musí být odvzdušnění tvarové dutiny.

Vstřikovací rychlost – doba plnění, má značný vliv na optimální vlastnosti výstřiku. Rychlé plnění zajišťuje termickou homogenitu dávky a tím vede i k částečnému vyrovnaní odbourání vnesených orientací (anizotropie) taveniny. Toho se používá zvláště u výstřiků s malou tloušťkou stěn.

Nejčastějším jevem při rychlém plnění je stlačení vzduchu, který se vlivem vysokého tlaku silně ohřívá a způsobuje tzv. Dieselův efekt (spálené místo na výstřiku). To obvykle není ze vzhledových nebo pevnostních důvodů přípustné. Proto odvzdušnění musí být účinné.

Při pomalém plnění dochází k tvoření a uvolňování ztuhlého polymeru ze stěn formy a jeho strhávání do proudící taveniny. Tyto částice pak působí jako heterogenní

vměstky a nepříznivě ovlivňují vlastnosti výstřiků (rozměrovou stabilitu, ...). Zvýrazňují také vznik studených spojů v místech styku dvou, nebo více proudů taveniny. Jejich vliv pak negativně působí na mechanické vlastnosti výstřiků, neboť představuje zdroj lomových poruch, zvláště u amorfních plastů.

V průběhu plnění tvářecí dutiny je tavenina dopravována do dutiny formy vstřikovacím tlakem, který na konci zdvihu dosahuje maxima. Přitom je tavenina podrobena protitlaku stlačeného vzduchu. Jeho velikost je závislá na odvzdušnění. Je-li nutné zvyšovat vstřikovací tlak vlivem nedokonalého odvzdušnění, vnáší se tím zbytečně do výstřiku vnitřní pnutí. I jeho hmotnost roste.

Při nižších teplotách taveniny (vyšší viskozitě) a nedostatečném tlaku a rychlosti plnění u výstřiku s tenčími stěnami, se soustřeďuje vzduch na protilehlou stranu od vtoku. Nemůže-li vzduch uniknout vlivem protitlaku, vznikne nedotečený výstrik. Podobný jev může vyvolat odděleně každý technologický faktor při vstřikování, včetně nízké teploty formy i malého dávkování.

Při určitém stavu technologických parametrů a větších tloušťkách stěn výstřiku, může vzduch, který nemá možnost být z formy vytlačen, vniknout do taveniny a po zchladnutí v ní zůstává jako bubliny. Obvykle jsou ve výstřiku rozloženy na protilehlé straně vtoku. Bubliny vzniklé z jiného důvodu, např. vlhkostí polymeru nebo jeho přehřátím (rozkladem), jsou různě rozloženy po celém výstřiku. Tím se od sebe odlišují [2].

1.3 Metodika GIT

Základem GIT (Gas Injection moulding Technology) je plnění dutiny formy dvěma různými materiály. A to plastem a plynem. Proces zahrnuje vstříknutí neutrálního plynu (obvykle dusíku) do taveniny, která vstupuje do formy. Plyn vytváří sérii propojených dutin v tlustých sekcích součástí. Umístění plynové dutiny se používá v místech s velkým hromaděním materiálu, protože tak docílíme stejné tloušťky stěny v celém výrobku.

Technologie vstřikování s plynem, je řešením problémů vznikajících při konvenčním vstřikování. Tato technologie umožňuje vyrábět tlustostěnné výrobky s velmi vysokou pevností. GIT využívá jednotného tlaku plynu po celou dobu vstřikovacího cyklu.

Maximálně 300 barů. Tento tlak je mnohem nižší než u konvenčního vstřikování. Důsledkem nižšího tlaku se výrazně zmenšuje velikost smrštění, reziduálního pnutí, doby chlazení a velikost uzavírací síly formy. Nezanedbatelné jsou také materiální úspory asi 20 až 30 %. Výhodou je výroba dutých výrobků, které se musely lepit nebo svařovat [5].

1.3.1 Konstrukční zásady při použití technologie GIT

Vzhledem k tomu, že plynová kapsa má většinou kulatý průřez, je vhodné při navrhování výrobku dosáhnout kruhového vnějšího obrysu. Protože vnější kruhové obrysy jsou často nepoužitelné v praktických aplikacích, je nutné dodržet tyto zásady:

- navrhnout vnější obrysy co nejvíce kulaté,
- vyhnout se ostrým hranám a přechodům,
- vyhnout se nahromadění materiálu v rozích,
- učinit veškerá opatření pro zachování rovnoměrné stěny.

U tvarovaných výrobků se jejich průřez nesmí rovnat pravému úhlu, jinak by došlo k velkému hromadění materiálu na vnitřní straně a naopak ke zmenšení tloušťky stěny na straně druhé. Proto je důležité vybrat co největší poloměr ohybu, jak jen to konstrukce výrobku dovolí. Důležité je také správné navržení vstřikovacího místa plynu. Při návrhu bychom měli dodržet poznatek, že tok plynu má směřovat z nejširšího do nejúžšího profilu výrobku. Dále by směr toku plynu měl být stejný se směrem toku taveniny. Jestliže přesto je nezbytné umístění vtoku plynu do jiné části výrobku měli bychom dodržet následující podmínky:

- vstřikovací bod umístit doprostřed profilové části,
- zkorigovat směr toku plynu,
- konstruovat symetrické vtokové soustavy a tvarové dutiny formy [3].

1.3.2 Popis jednotlivých způsobů vstřikování plynu do formy

U zpracování plastů pomocí GIT rozeznáváme dva základní způsoby vstřikování plynu do formy:

- vstřikování plynu skrz vstřikovací trysku stroje

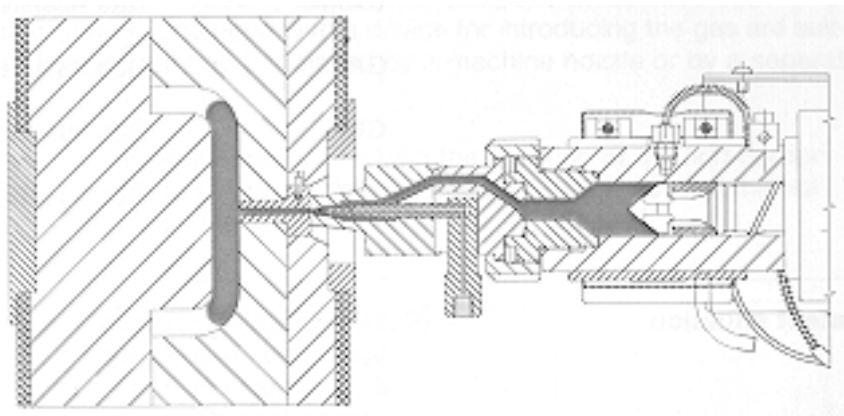
Nejprve je naplněna forma zčásti taveninou. Před ztuhnutím taveniny dochází k vstříknutí plynu skrz trysku vstřikovacího stroje. Vzájemný tok taveniny a plynu musí být rovnovážný, jedině tím docílíme stejnou tloušťku stěn po celém průřezu. Plyn nesmí být vstříknut současně s plastem. Tato metoda se užívá pro symetrické výstřiky.

- vstřikování plynu přes vtokový systém nebo přes dutinu formy

Také u této metody je nejprve forma zčásti naplněna taveninou. Následuje vstříknutí plynu přes vtokový systém nebo přes dutinu formy. Je možné současné vstřikování plynu a plastu. Tato metoda se užívá u tvarově složitějších součástí [5].

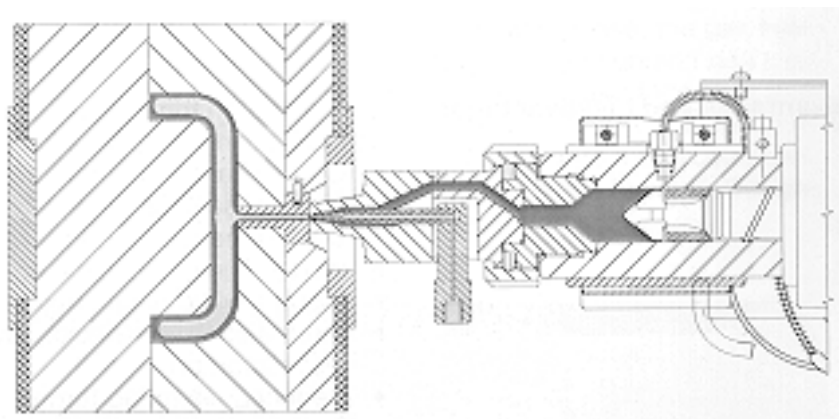
Vstřikování plynu skrze vstřikovací trysku stroje

V této variantě GIT způsobu je zavedení plynu přímo přes vstřikovací trysku stroje. Na obrázcích (Obr. 3, 4, 5) je znázorněn průběh plnění formy.



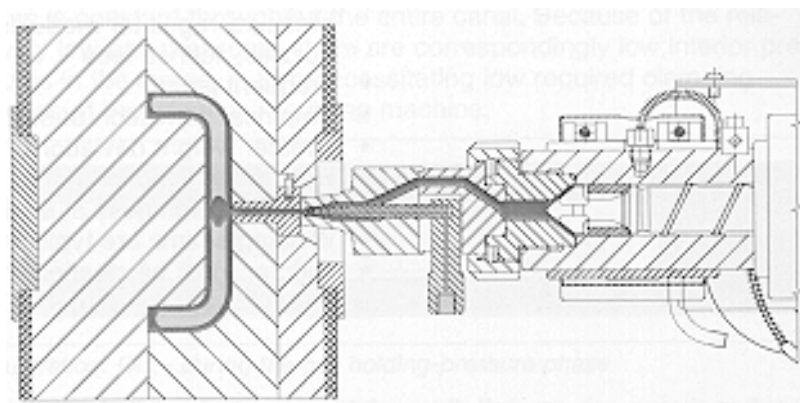
Obr. 3. Plnění dutiny taveninou

Hydraulická plynová tryska je otevřená, plast je vstřikován zčásti do dutiny formy, materiální rezerva pro neprodyšné uzavření vtoku zůstává v komoře vstřikovacího stroje.



Obr. 4. Vstřikování plynu

Hydraulická plynová tryska je uzavřena, plyn je vstřikován do formy, tavenina je rozfouknuta do celé dutiny formy, začíná fáze dotlaku plynu, po ukončení dotlaku začíná obnova plynové náplně.

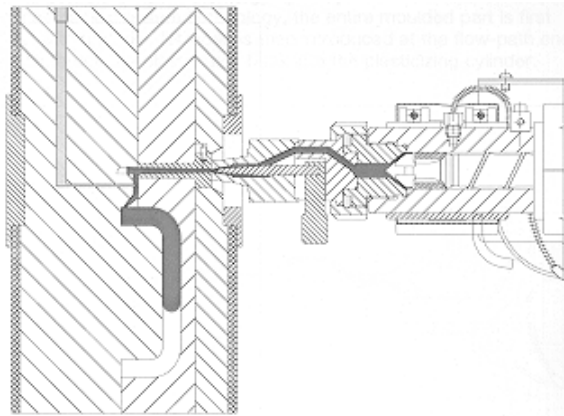


Obr. 5. Uzavření vtoku taveninou

Hydraulická plynová tryska je otevřena, materiální rezerva pro uzavření vtoku je vstříknuta.

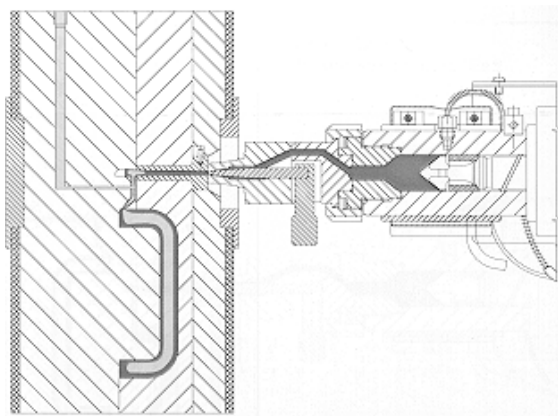
Vstřikování plynu ventilem přes vtokový systém formy

Tato varianta vstřikování plynu je provedena ventilem umístěným přímo ve formě (Obr. 6, 7).



Obr. 6. Plnění dutiny taveninou

Hydraulická jehla vstřikovací hlavy je otevřená, plast je vstřikován zčásti do dutiny formy, žádná materiální rezerva nezůstává v komoře vstřikovacího stroje.

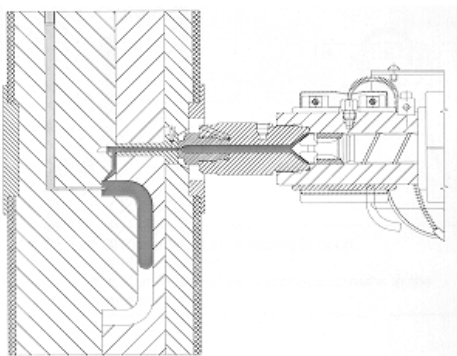


Obr. 7. Vstřikování plynu

Hydraulická jehla vstřikovací hlavy je uzavřena, plyn je zaveden do formy přes ventil, tavenina je rozfouknuta do celé dutiny formy, během vstřikování plynu může začít plastikace ve vytlačovacím stroji, po ukončení vstřikování plynu začíná obnova plynové náplně.

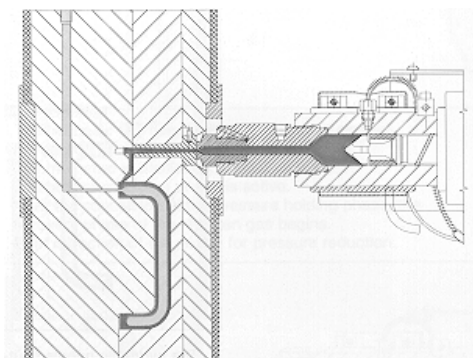
Vstřikování plynu ventilem do profilované části

U této metody je zavedení plynu provedeno ventilem do profilované části výrobku. Umístění ventilu může být v kterémkoli místě této části. Nevýhodou je stopa po vstřikovacím ventilu, která se automaticky neuzavře (Obr. 8, 9). Při tomto typu vstřikování není nutné uzavírat vstřikovací hlavu hydraulickou jehlou.



Obr. 8. Plnění dutiny taveninou

Plast je vstřikován zčásti do dutiny formy, žádná materiální rezerva nezůstává v komoře vstřikovacího stroje, plyn je vstřikován přes ventil do dutiny formy.



Obr. 9. Vstřikování plynu

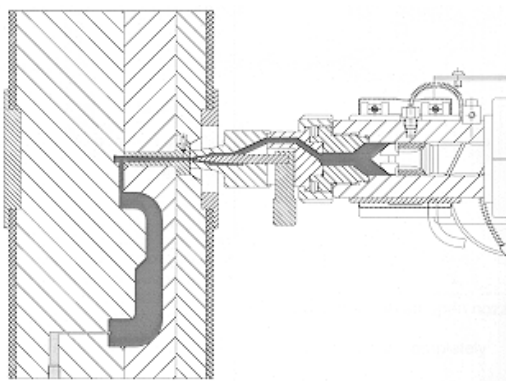
Tavenina je rozfouknuta do celé dutiny formy, vtokový kanál je zcela zaplněn taveninou, po ukončení vstřikování plynu začíná obnova plynové náplně, současně může probíhat plastikace ve vstřikovacím stroji.

Vstřikování plynu do zcela zaplněné formy plastem

Tuto metodu můžeme rozdělit na dvě varianty podle způsobu odvodu přebytečného plastu:

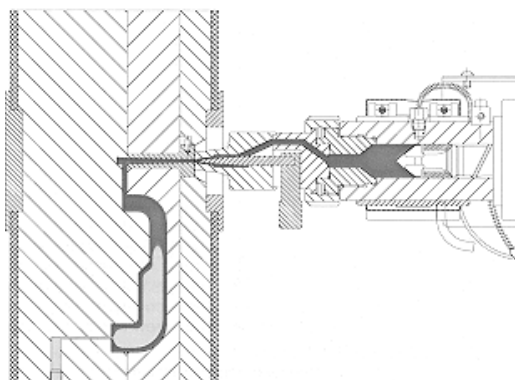
1. Plast odtéká vtokovou soustavou zpět do vstřikovacího stroje.
2. Plast odtéká přepouštěcím kanálem do vedlejší dutiny.

ad 1) Dutina formy je nejprve zcela naplněna plastem. Plyn je potom zaveden do dutiny a vytlačí přebytečný materiál zpět do vstřikovacího stroje (Obr. 10, 11).



Obr. 10. Zaplnění celé dutiny taveninou

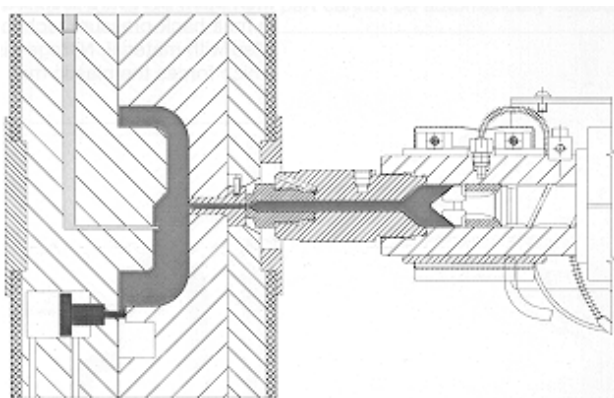
Hydraulická jehla vstřikovací hlavy je otevřená, plast je vstřikován do celé dutiny formy, hydraulická jehla zůstává otevřená.



Obr. 11. Vstřikování plynu

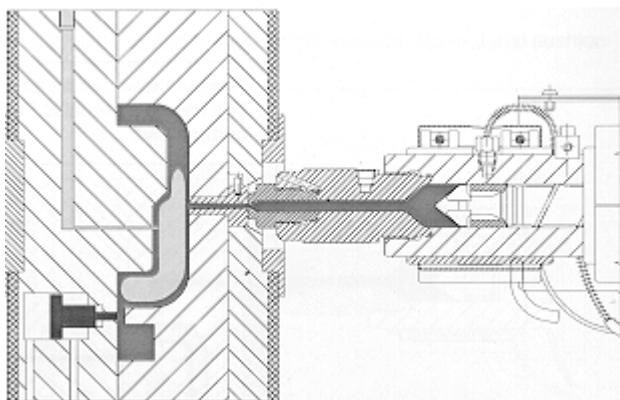
Plyn je vstřikován do formy, šnek vstřikovacího stroje se vrací do výchozí polohy, po vytvoření dutiny se hydraulická jehla uzavře, po ukončení vstřikování plynu následuje obnova plynové náplně, současně začíná plastikace ve vstřikovacím stroji.

ad 2) Dutina formy je zcela naplněna plastem. Potom je plyn zaveden do dutiny formy, vytlačí přebytečný materiál, který odtéká do vedlejší dutiny (Obr. 12, 13). Používá se vstřikovací hlava bez uzavírací jehly.



Obr. 12. Zaplnění celé dutiny taveninou

Plast je vstřikován do celé dutiny formy, vedlejší dutiny je uzavřena, vedlejší dutina je otevřena pomocí hydraulického šoupátka.

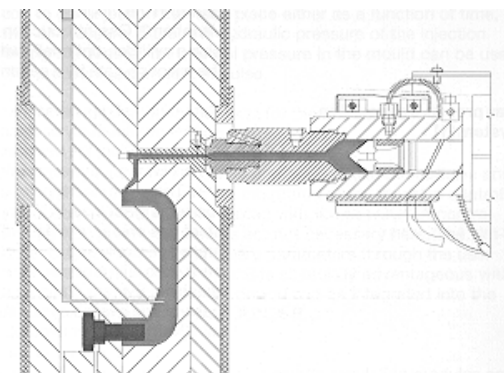


Obr. 13. Vstřikování plynu

Vstřikování plynu začíná souběžně s otevřením vedlejší dutiny, přebytečný plast je nucen odtékat do této dutiny, obnova plynové náplně následuje po dotlaku plynu, ve vstřikovacím stroji může současně probíhat plastikace.

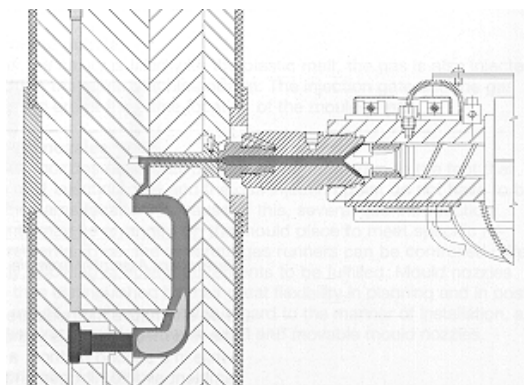
Vstřikování plynu do zcela zaplněné dutiny plastem s vysouvacím jádrem

Dutina formy je vybavena přídatným posuvným dílem, který se při vstřikování plynu zasunuje zpět do formy. Tím uvolní dostatečný prostor pro vznik plynové dutiny. Je možné použít vstřikovací hlavu bez uzavírací jehly (Obr. 14, 15).



Obr. 14. Dutina zaplněna taveninou

Jádro je zcela vysunuto, plast je vstřikován do celé dutiny formy, pomocí hydraulického táhla je jádro zasunuto do formy.



Obr. 15. Vstřikování plynu

Současně s posunem jádra probíhá vstřikování plynu, následuje dotlak plynu, po ukončení dotlaku probíhá obnova plynové náplně, vtok je zcela zaplněn, začíná plastikace ve vstřikovacím stroji.

1.3.3 Zařízení pro generování plynu

Někteří výrobci vstřikovacích strojů již počítají s možností využití metody GIT a vybavují tyto stroje plynovým modulem. Většina případů používaných strojů i nově vyráběných však toto zařízení postrádá. Z těchto důvodů jsou vyráběny výrobci (např. Engel, Arburg aj.) samostatné přídatné jednotky pro generování plynu.

Toto zařízení se skládá z tlakového modulu a elektronické řídicí jednotky. Tlakový modul upravuje konstantní tlak na požadovaný tlak plynu. Elektronická jednotka může regulovat samostatně každý stroj nebo u centrálně řízených strojů celou skupinu. Tato jednotka řídí okamžik vstřikování plynu do formy.

Zařízení pro generaci plynu může používat libovolný hydraulický tlak vyvozený vstřikovacím strojem. Existují dva druhy těchto zařízení.

Stacionární zařízení

Stacionární zařízení je složeno z tlakového modulu a elektronické řídicí jednotky, která je instalována přímo ve vstřikovacím stroji. Vnější ovládací prvky zde nejsou potřebné. Výhodou je jednoduché a přímé sledování všech nezbytných parametrů přímo na monitoru vstřikovacího stroje. Navíc je tu možnost začlenění sledovaných funkcí do pracovního cyklu stroje.

Mobilní zařízení

Mobilní zařízení je složeno z tlakového modulu a samostatné elektronické řídicí jednotky s ručním programováním nainstalovaném na mobilním podvozku. Zapojení je umožněno přímou vazbou na vstřikovací stroj. Tato jednotka může být instalována v krátkém čase na jiném vstřikovacím stroji, který splňuje dané parametry.

1.3.4 Výhody a nevýhody technologie GIT

Podle konstrukce formy může technologie GIT poskytnout následující výhody:

- lepší možnosti rozložení výrobků při návrhu dutiny,
- kratší doby cyklu pro tlustostěnné výrobky,
- zvýšení mechanické tuhosti při stejné hmotnosti,
- rovnoměrné smrštění, menší deformace, nižší vlastní pnutí v materiálu,
- lepší povrch v porovnání se součástkami z napěněného plastu,
- zmenšení uzavírací síly vstřikovacího stroje,
- menší formovací síla (síla odformování)
- možnost použití dlouhé dráhy toku taveniny,
- možnost integrování tlusté a slabé stěny výrobku,
- u tvarově složitých výrobků jednodušší návrh dutiny,
- materiální úspory (většinou 20 – 30 %).

Nevýhody technologie GIT jsou:

- pořizovací náklady na zavedení tlakového modulu,
- prostředí procesu - plyn,
- stopa po plynovém ventilu,
- licenční poplatky,
- větší obtížnosti zavedení procesu z důvodů většího vlivu konstant,
- vyšší osobní náklady pro kvalifikaci obsluhy,
- vyšší náklady pro zajištění jakosti,
- větší váhové výchyly,
- nebezpečí vzniku studených spojů,
- vstřikovací ventil pro plyn musí být ve většině případů často čištěn.

Použití metody GIT a výběr vhodné varianty je dáno především technickými možnostmi výrobce (strojním vybavením a úrovni používané technologie), tvarem výrobku, požadovanou konstrukcí formy a zkušenostmi konstruktéra, výrobce formy a vstříkovny s touto výrobou [3].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

2 KONSTRUKCE FORMY PRO PODRUČKU ŽIDLE

2.1 Návrh designu područky kancelářské židle

Využívání područek kancelářských židlí vyrobených z plastu je dnes běžné. Mezi základní důvody využití područek z plastu patří: životnost, barevná stálost, hmotnost, nízká cena, estetická stránka výrobku, relativně lehká výroba a mnoho dalších výhod.

2.1.1 Stávající návrh

Při návrhu područky se vycházelo ze stávajícího návrhu, který se skládá ze dvou součástí (Obr. 16):



Obr. 16. Područka kancelářské židle

- Z nosné části, která slouží k upevnění rukojeti k židli. Nosná část je vyrobena z kovového materiálu o tloušťce 4 mm, šířce 60 mm a délce 200 mm. Nosná část je zkonstruována tak, aby byla schopna snášet zatížení působící při manipulaci. Spojení nosné části s židlí je provedeno pomocí 2 šroubů, a také spojení s rukojetí je zajištěno 2 šrouby.
- Z rukojeti, která tvoří estetickou stránku židle a je v přímém kontaktu s rukou. Rukojeť je vyrobena z PP s využitím technologie GIT. Výška

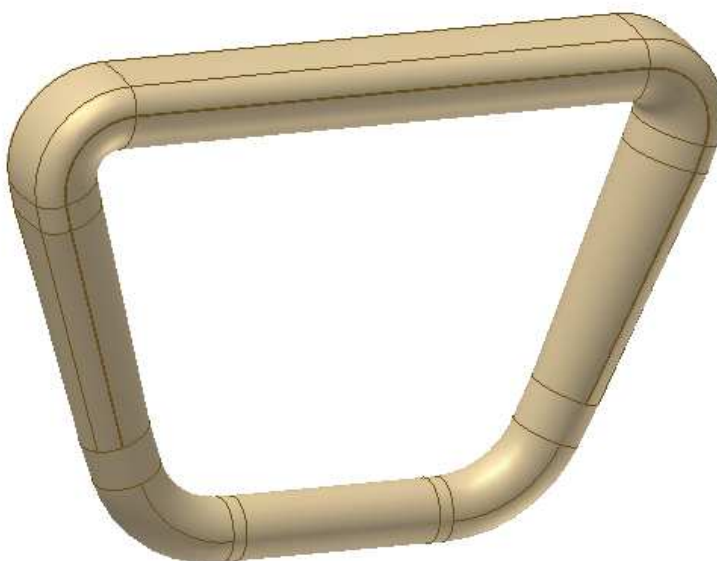
rukojeti je 270 mm, délka je 300 mm a průměr profilové části je v rozmezí od 30 do 45 mm. Na spodní straně jsou zastříknuty 2 kovové vložky s vnitřním závitem pro spojení s nosnou částí.

2.1.2 Konstrukční požadavky a design rukojeti

Cílem této práce je navrhnout celou područku z plastu a nahradit tak původní kovový dílec. Jak již bylo zmíněno područka se skládá ze dvou částí. Z konstrukčního hlediska by měla být nosná část schopna snášet mechanické zatížení a rukojeť bude v kontaktu s rukou, proto by měla být příjemná na omak. Proto konstrukce nedovoluje navrhnout rukojeť z jednoho materiálu.

Na základě konstrukčních požadavků musí být nosná část vyrobena z materiálu plněného skleněnými vlákny v důsledku velkého namáhání a rukojeť z neplněného materiálu.

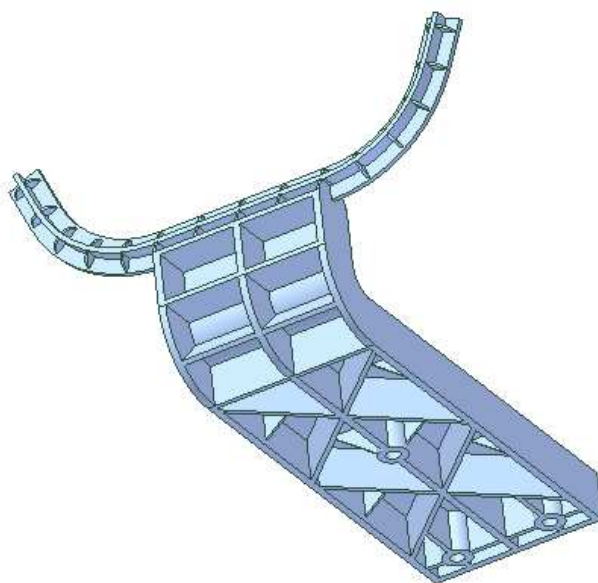
Design rukojeti bude podobný stávajícímu řešení, ale musí být symetrický, aby se mohl použít na pravou i levou stranu židle. Rozměry rukojeti jsou shodné se stávajícím řešením. Bude-li rukojeť vyrobena pomocí použití metody GIT, bude splňovat veškeré požadavky na tuhost výrobku. Předpokládá se, že prakticky veškeré namáhání bude působit na nosnou část. Na obrázku (Obr. 17) je zobrazen design rukojeti.



Obr. 17. Model rukojeti

Design nosné části bude zcela odlišný od stávajícího kovového dílce. Plastový díl musí být také symetrický, v důsledku použití pro obě strany židle a musí být vyztužen žebry. Pro přišroubování s židlí má výstřik tři až čtyři vyztužené díry (dle variant návrhů). Spojení rukojeti s nosnou částí bude vytvořeno při vstřikování rukojeti. Výstřik nosné části bude vložen do formy pro rukojeť, kde bude obstříknut polymerem. Pro dokonalé spojení obou výstřiků, musí výstřik nosné části zasahovat do výstřiku rukojeti v důsledku vytvoření dokonalé fixace. U tohoto dílu budou hrát rozhodující roli výsledky z mechanických analýz. Rozměry nosné části jsou závislé na výsledcích dosažených z mechanických analýz a budou se postupně upravovat.

Na obrázku (Obr. 18) je jeden z prvotních návrhů nosné části.



Obr. 18. Model nosné části varianty 1

2.1.3 Modelování područky kancelářské židle

Realizace modelu byla uskutečněna pomocí programu **Autodesk Inventor 6** od kalifornské firmy Autodesk Inc., který umožňuje jak modelování 3D sestav pomocí parametrického modelování, tak tvorbu 2D výkresové dokumentace.

Za parametrický model považujeme takový, který je matematicky popsán pomocí parametrů. Na modelu jsou definovány charakteristiky jeho geometrických částí

a vzájemné vztahy s jinými součástmi, pokud je v sestavě. U takto vytvořeného modelu nejsou rozměry a další charakteristiky určeny konkrétními hodnotami, ale pomocí proměnných, výrazů a rovnic, které vzájemně spolu souvisí. Po dosazení několika základních konkrétních hodnot dojde k výpočtu skutečných rozměrů produktu.

K tvorbě modelu područky a forem byl použit již zmiňovaný program Autodesk Inventor 6, který je k dispozici studentům Fakulty technologické ve Zlíně.

2.1.4 Volba materiálu

Jak už bylo zmíněno područka židle bude ze dvou materiálů. U rukojeti se bude jednat o PP HD120M neplněný a u nosné části se bude jednat o PP Niplene F 30 AGR plněný 30 % skleněných vláken. Při výběru materiálu jsem čerpal z knihovny materiálů z programu Moldflow Plastics Insight 5.0 od firmy Moldflow. Důležité údaje o vlastnostech těchto materiálů jsou v tabulce (Tab. 1).

Tab. 1. Mechanické vlastnosti plastů

Název materiálu	PP HD 120M	PP Niplene F 30 AGR
Modul pružnosti v tahu E [MPa]	1340	5188
Modul pružnosti ve smyku G [MPa]	481	1225
Poissonova konstanta ν [1]	0,392	0,437
Hustota ρ [kg.m⁻³]	899	1126
Napětí v tahu na mezi pevnosti σ_P [Mpa]	35	90

2.2 Mechanické analýzy

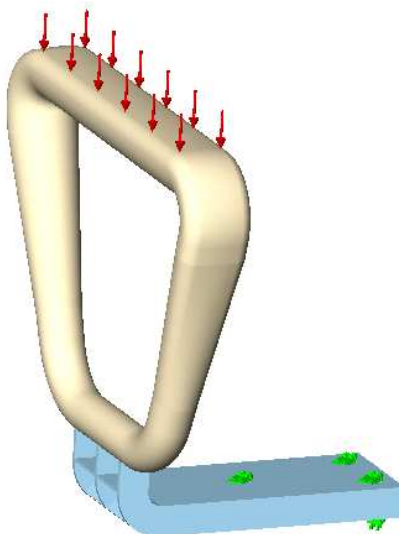
Model rukojeti a nosné části byl podroben mechanické analýze v programu **COSMOS/ Design STAR 3**. Modely výstřiků vyhotovené pomocí parametrického modelování v programu Autodesk Inventor 6 se zkonvertují do formátu STEP.

Po načtení formátu STEP v programu COSMOS/ Design Star 3 se musí zadat některé údaje. Jedním z těchto údajů jsou materiálové vlastnosti, které jsou uvedeny v tabulce 1.

Další z údajů, které musíme do programu COSMOS/ Design STAR 3 zadat jsou okrajové podmínky. Výsledky analýz jsou závislé na okrajových podmínkách. V praxi jsou výrobky zatěžovány dynamicky. Proto by nám tyto statické analýzy měly ukázat možné nedostatky konstrukčního návrhu.

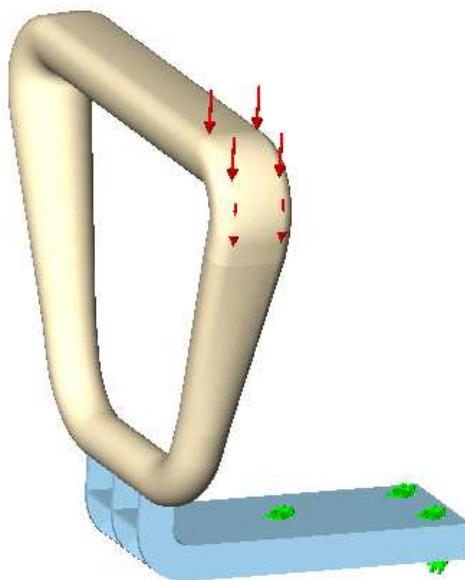
Pro zpracování mechanické analýzy je důležité znát mechanické zatížení působící v provozních podmínkách. Područka musí být dimenzována tak, aby byla schopna toto zatížení snášet. Předpokládané zatížení područky se bude pohybovat od 50 do 100 kg a bude uvažováno ve třech různých místech a směrech působící síly.

Model područky bude načten do programu jako sestava nosné části a rukojeti. Součást bude brána jako slepenec obou dílů a každý díl bude mít příslušné materiálové vlastnosti. Na obrázcích (Obr. 19, 20 a 21) jsou zobrazeny působící síly pro uvažované varianty zatížení.

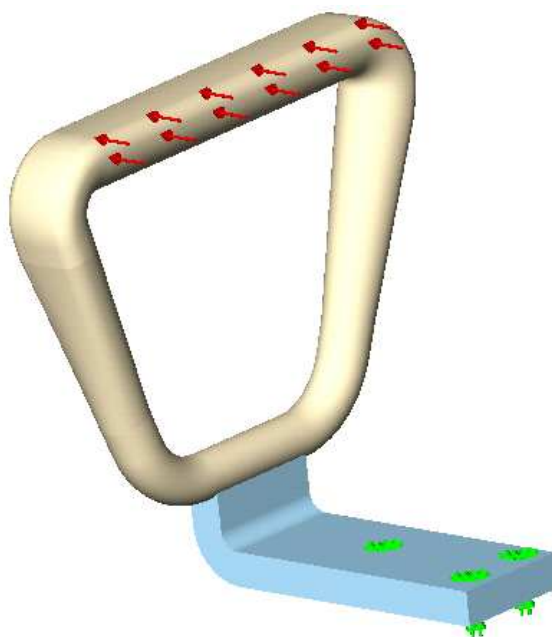


Obr. 19. Varianta zatížení 1

U varianty zatížení 1 je působeno silou o velikosti 100 kg uprostřed horní části rukojeti. U varianty zatížení 2 působí síla o velikosti 100 kg na okraj horní části rukojeti. A ve 3. variantě zatížení, nám síla o velikosti 50 kg působí v odlišném směru od varianty zatížení 1.



Obr. 20. Varianta zatížení 2

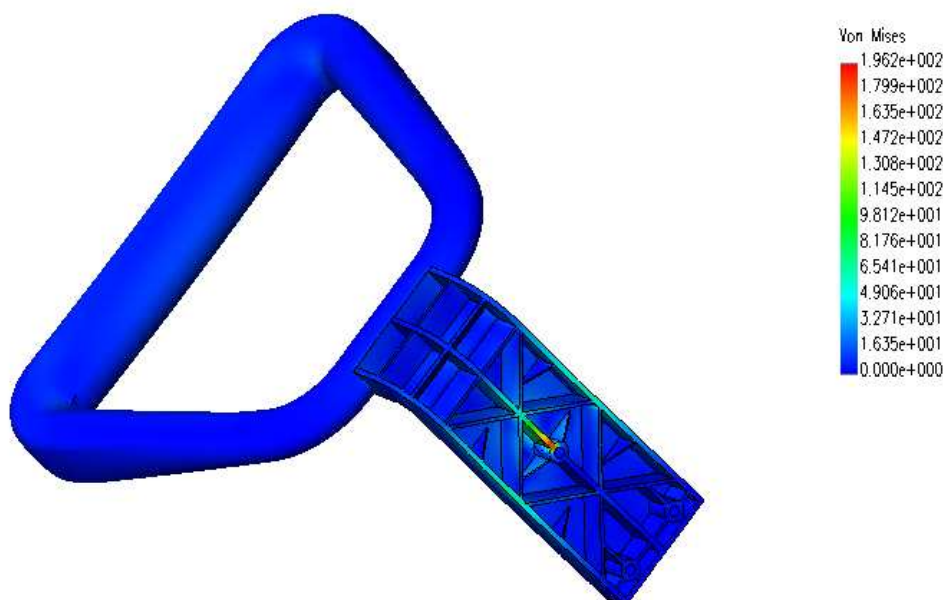


Obr. 21. Varianta zatížení 3

2.2.1 Výsledky mechanické analýzy

Při návrhu designu nosné části budou hrát rozhodující roli rozměry součásti při nejmenším množství spotřebovaného materiálu. Při vývoji nosné části bylo vytvořeno mnoho variant konstrukčního řešení. Bylo velmi obtížné navrhnout design tak, aby splňoval mechanické požadavky. Pro zjednodušení budou ukázány výsledky mechanických analýz pro první konstrukční řešení (Obr. 18) a konečné řešení designu. Výsledky dosažené z původního návrhu (Obr. 22) jsou nevyhovující i pro variantu zatížení 1, proto nebylo nutné provádět výpočty ostatních variant zatížení.

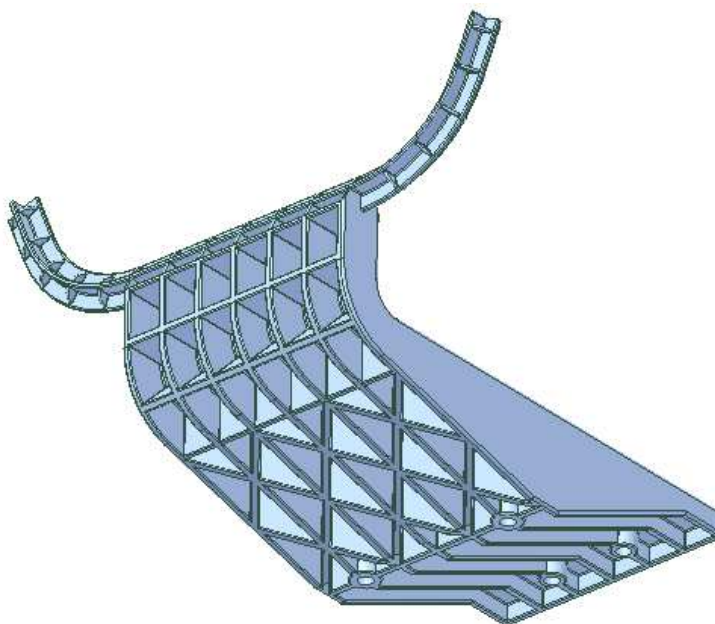
nov sestava varianta 1-1 :: Static Nodal Stress
Units : MPa Deformation Scale 1 : 1.30158



Obr. 22. Průběh a hodnota napětí pro variantu zatížení 1

Během vývoje nosné části došlo ke změně výšky žeber, šířky nosné části a uchycení k židli. Výsledné napětí nesmí překročit hodnotu napětí v tahu na mezi pevnosti. Budeme brát hodnotu napětí v tahu na mezi pevnosti pro nosnou část. Budeme předpokládat,

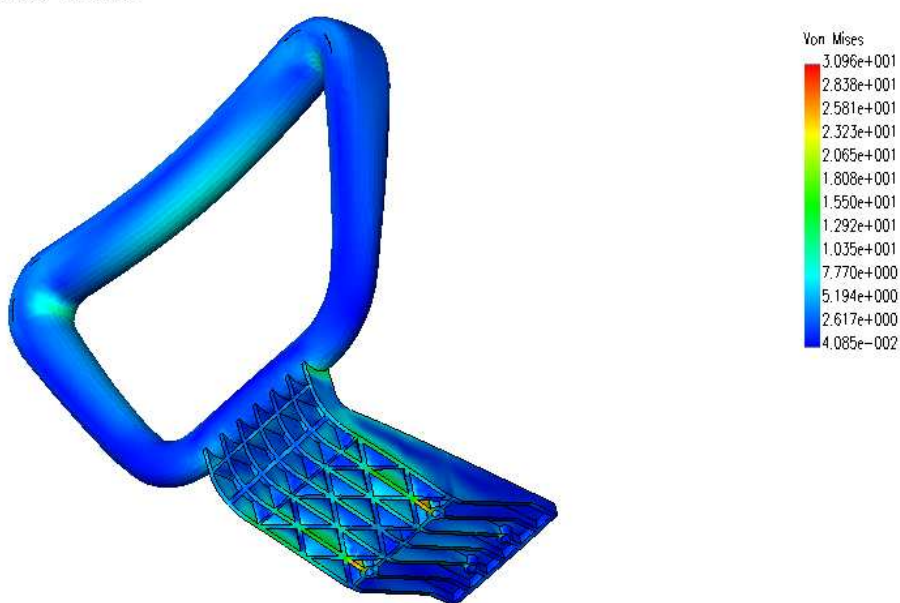
že rukojeť vyrobená pomocí technologie GIT má tloušťku stěny 5 mm a spodní část je do 1/3 vyplněna neplněným PP, pro dokonalé spojení s nosnou částí. Na obrázku (Obr. 23) je zobrazeno konečné řešení nosné části.



Obr. 23. Konečné řešení designu nosné části

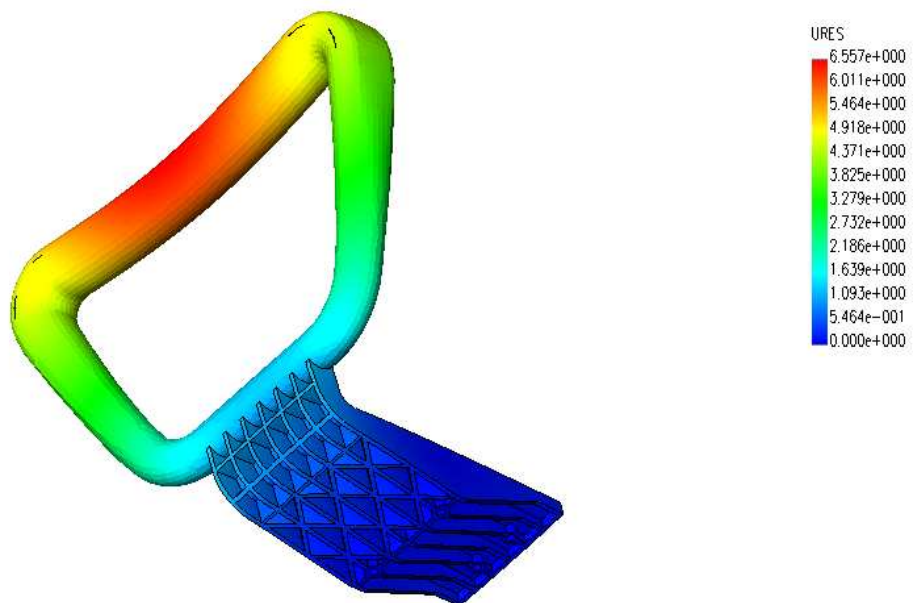
Výsledné průběhy napětí a posunutí pro různé varianty zatížení znázorňují obrázky (Obr. 24 – 29). Z obrázků je zřejmé, že konstrukční řešení nosné části u varianty zatížení 1 je zcela postačující.

konec, n. varianta-1 :: Static Nodal Stress
Units : MPa Deformation Scale 1 : 6.54187



Obr. 24. Průběh a hodnota napětí pro variantu zatížení 1

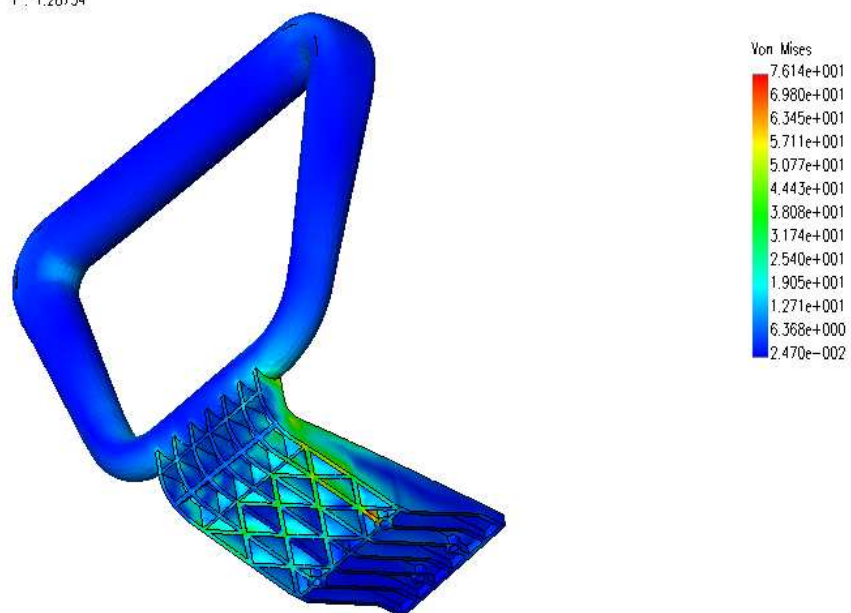
kone.n varianta-1 :: Static Displacement
Units : mm Deformation Scale 1 : 6.54187



Obr. 25. Průběh a hodnota posunutí pro variantu zatížení 1

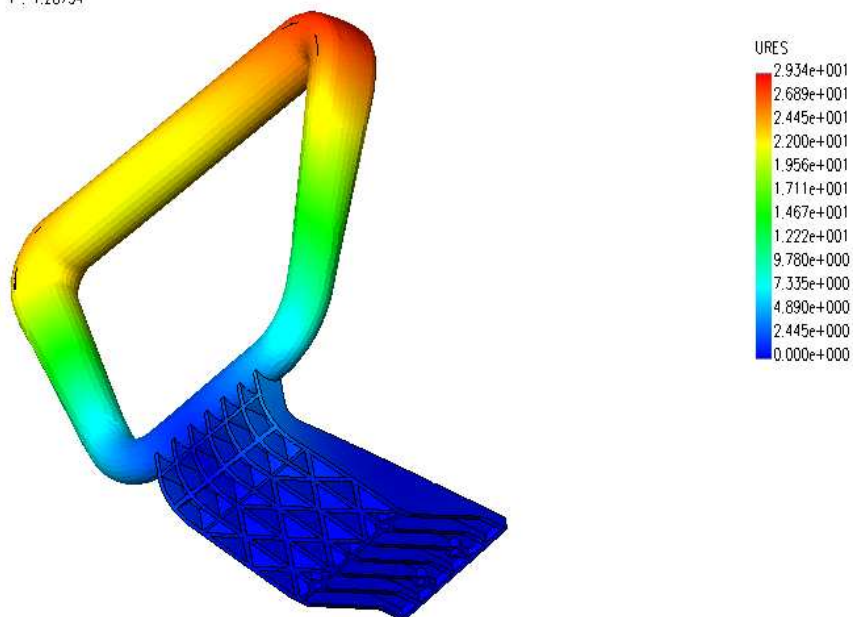
Výsledky dosažené z varianty zatížení 2 jsou na hranici povoleného namáhání. Předpoklad, že budeme područku zatěžovat 100 kg na okraji se v praxi jistě nebude vyskytovat. Proto lze počítat s tím, že tato varianta je dostatečně předdimenzována.

kone.n varianta-2 :: Static Nodal Stress
Units : MPa Deformation Scale 1 : 1.28754



Obr. 26. Průběh a hodnota napětí pro variantu zatížení 2

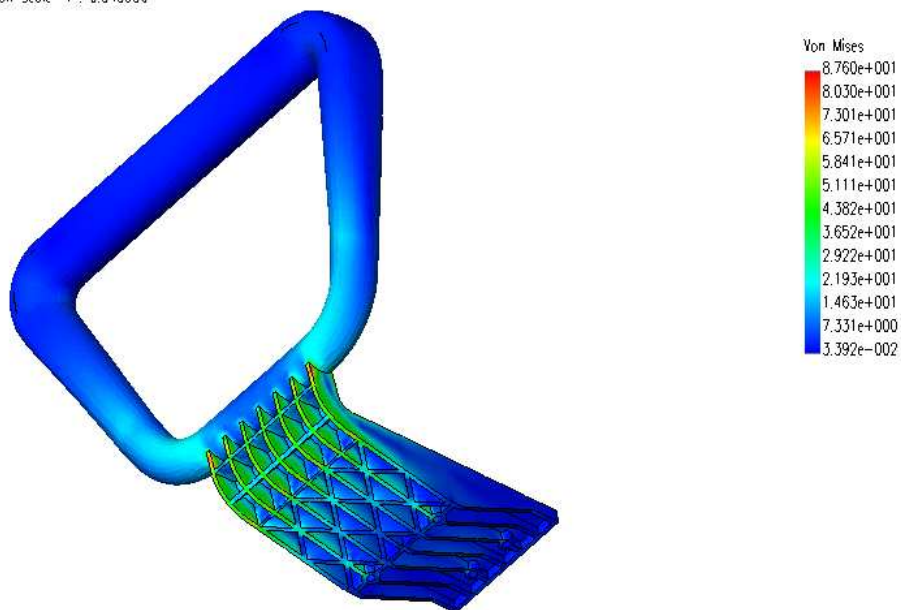
kone.n varianta-2 :: Static Displacement
Units : mm Deformation Scale 1 : 1.28754



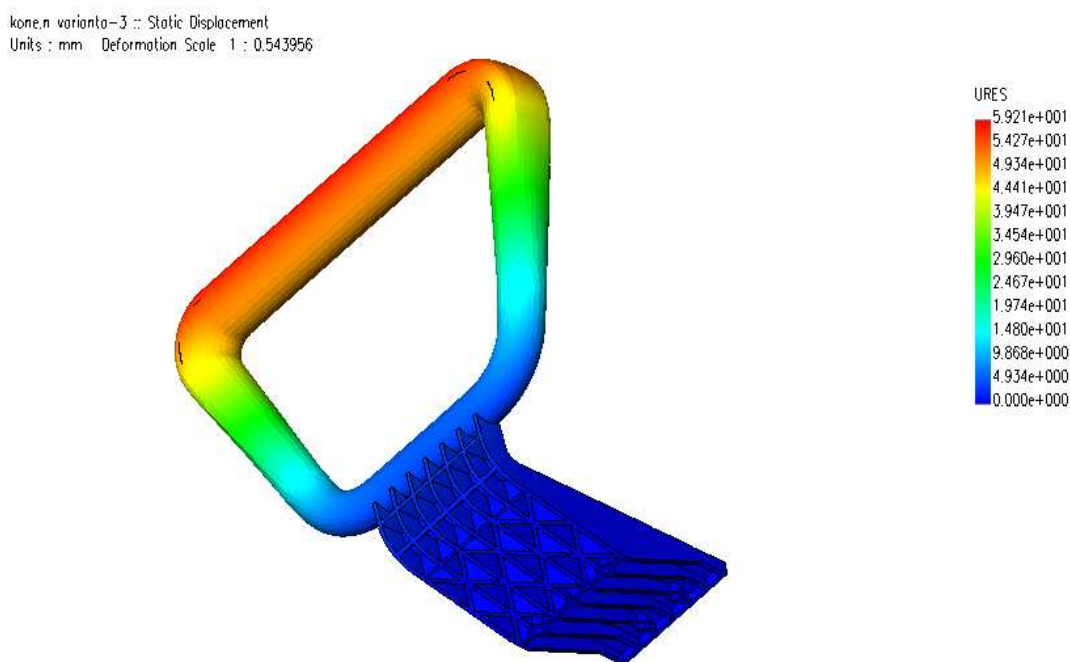
Obr. 27. Průběh a hodnota posunutí pro variantu zatížení 2

U 3 varianty zatížení je výsledné napětí také na hranici dovoleného, ale dá se předpokládat, že člověk nevyvine do strany sílu o velikosti 50 kg. Proto je tento typ namáhání také předimenzován.

kone.n varianta-3 :: Static Nodal Stress
Units : MPa Deformation Scale 1 : 0.543956



Obr. 28. Průběh a hodnota napětí pro variantu zatížení 3



Obr. 29. Průběh a hodnota posunutí pro variantu zatížení 3

Z výsledků mechanických analýz je zřejmé, že návrh designu nosné části by měl splňovat požadavky provozního užívání. Pro výrobu je ale nutné znát i technologická data, které se sice dají při výrobě měnit, ale výhodnější je, znát je předem. K tomu nám poslouží informace získané z technologických analýz.

2.3 Technologická analýza

Toková analýza byla vyhodnocena pro rukojeť i pro nosnou část pomocí programu Moldflow Plastics Insight 5.0.

Při vstřikování po vyjmutí výstřiku z dutiny formy dochází ke smrštění výstřiku. Smrštění závisí jak na druhu polymeru, tak také na technologických parametrech. Plněné polymery mají smrštění menší než polymery neplněné. Ke stanovení primárního smrštění, které vzniká při odformování výstřiku nám poslouží technologické analýzy. Toto smrštění je nutné znát pro konstrukci dutiny formy, abychom byli schopni tuto dutinu předimenzovat o velikost smrštění.

Do analýz musíme zadávat část procesních podmínek, jako jsou např. teplota formy, teplota taveniny, doba vstřikování atd. Záměnami těchto procesních podmínek, můžeme sledovat změny technologických parametrů (doba plnění, tlak v dutině formy atd.). Tyto výsledky nám mohou napomoci ke zvýšení produktivity výroby, nebo nás mohou nasměrovat při zadávání procesních podmínek do vstřikovacího stroje. Procesní podmínky jsou pro každý materiál jiné. Přehled procesních podmínek, které musíme zadat do programu Moldflow, je uveden v tabulce (Tab. 2).

Tab. 2. Přehled procesních podmínek

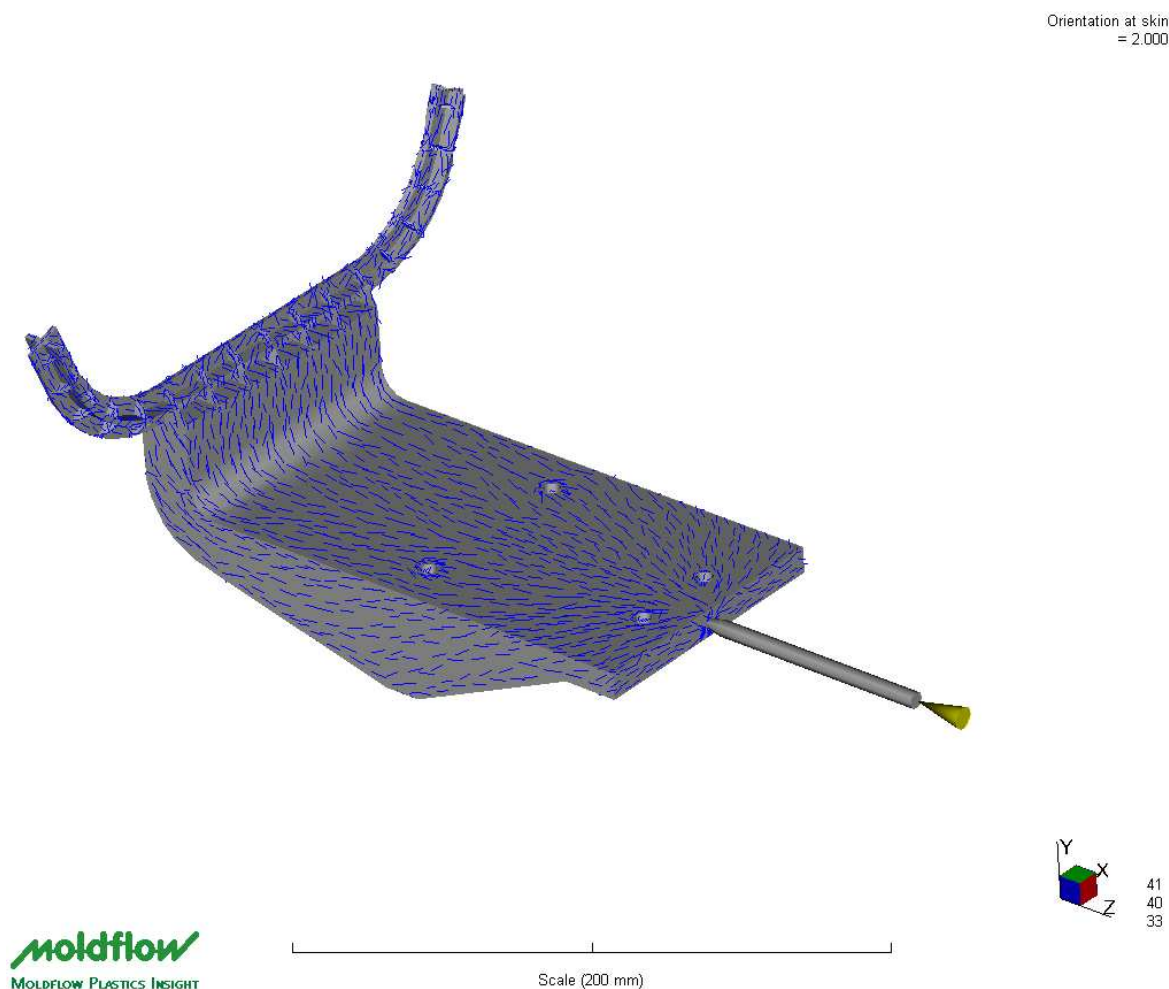
Materiál	PP HD 120M	PP Niplene F 30 AGR
Doba vstřikování [s]	5	2
Teplota formy [°C]	50	50
Teplota taveniny [°C]	230	230
Doba chlazení [s]	20	20

2.3.1 Technologická analýza nosné části

Pro vypracování analýzy je nutné navrhnout vtokový systém. U formy pro nosnou část je navrhnut horký vtok, který se dá nasimulovat také v programu Moldflow. Horký kanál trysky má průměr 6 mm a délku 82 mm. Ústí horkého vtoku se zmenšuje z průměru 6 mm na průměr 3,5 mm a má délku 6 mm. Ústí horkého vtoku je navrženo tak, aby byla zachována požadovaná orientace vláken. Na obrázku (Obr. 30) je ukázka výsledné orientace vláken.

Dále je potřeba natočit souřadný systém modelu tak, aby směr kladné osy **z** směřoval do vtokového systému, abychom měli určenou dělicí rovinu.

Materiálové vlastnosti jsou zadány pro materiál PP Niplene F 30 AGR.

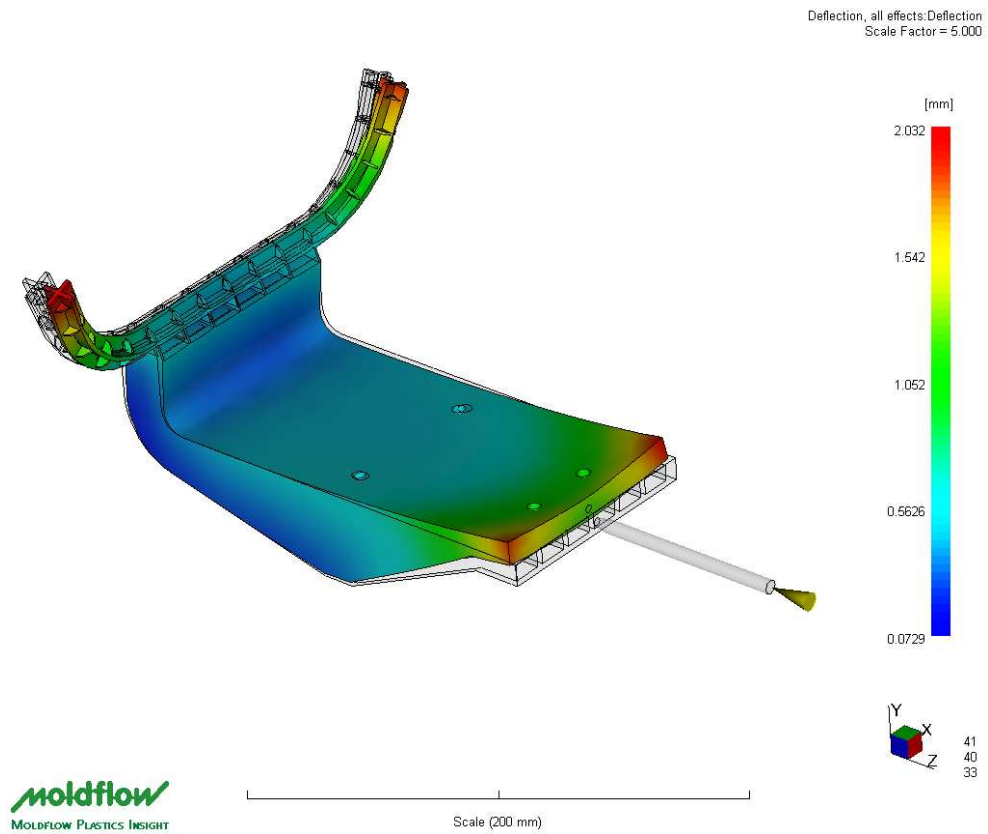


Obr. 30. Výsledná orientace krátkých skleněných vláken pro výstřik nosné části

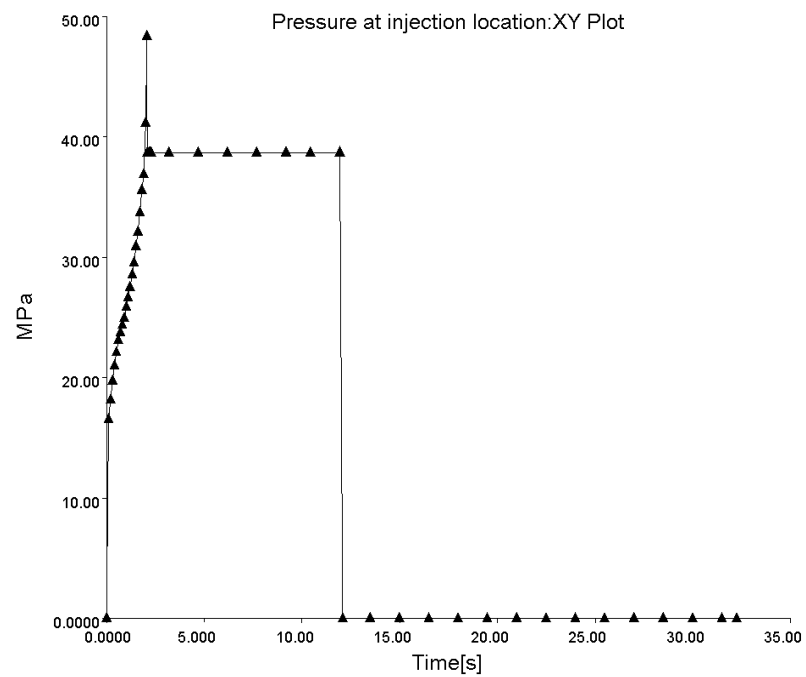
2.3.2 Výsledky analýzy nosné části

Z výsledků analýzy vyplývá, že doba plnění dutiny formy je 2,266 s, maximální tlak v dutině formy je 48,33 MPa, potřebná uzavírací síla vstřikovacího stroje je 69,8 tun.

Na obrázku (Obr. 31) jsou zobrazeny deformace výstřiku nosné části. Pro lepší viditelnost jsou zobrazené deformace 5x zvětšeny. Z výsledků je patrné že smrštění se pohybuje okolo 1 %. Na základě výsledků analýzy byla zkonstruována tvarová vložka dutiny. Na obrázku (Obr. 32) je zobrazen průběh tlaku v místě vtoku.



Obr. 31 Celkové deformace výstřiku nosné části – zvětšení deformace 5x



Obr. 32 Průběh tlaku v místě vtoku

2.3.3 Technologická analýza rukojeti

Pro vyhodnocení technologické analýzy musíme navrhnout metodu GIT. Jak již bylo řečeno, tato technologie může mít různé varianty vstřikování plynu. Budeme se rozhodovat mezi dvěma variantami vstřikování plynu, a to vstřikování plynu do dutiny formy, a vstřikování do vtokového kanálu. Ústí vstřikování plynu musí být na takovém místě, kde nepůjde vidět, a kde by nebylo v přímém kontaktu s rukou. Takové místo je zespodu na horní části rukojeti. Proto varianta vstřikování plynu do dutiny formy je nevyhovující, protože by před vyhozením výstřiku musela plynová tryska vyjíždět ven z výstřiku. Pro snadnější odformování výstřiku nám poslouží varianta vstřikování plynu do vtokového kanálu.

Technologie vstřikování plynu do vtokového kanálu bude probíhat tak, že nejprve se naplní dutina formy taveninou a poté bude začínat vstřikování plynu.

Mezi plynovou tryskou a vtokem plastu musí být umístěn hydraulický element. Tento element nám bude uzavírat vtokový kanál po naplnění polymerní taveninou. Poté může začít vstřikování plynu. Plyn má uzavřenou cestu do ústí vtokového systému, a proto je nucen pokračovat do dutiny formy.

Vtokový systém u formy pro rukojeť je kombinací horkého vtoku a studeného kanálu. Pro zjednodušení byl analyzován jen model se studeným kanálem.

2.3.4 Výsledky analýzy rukojeti

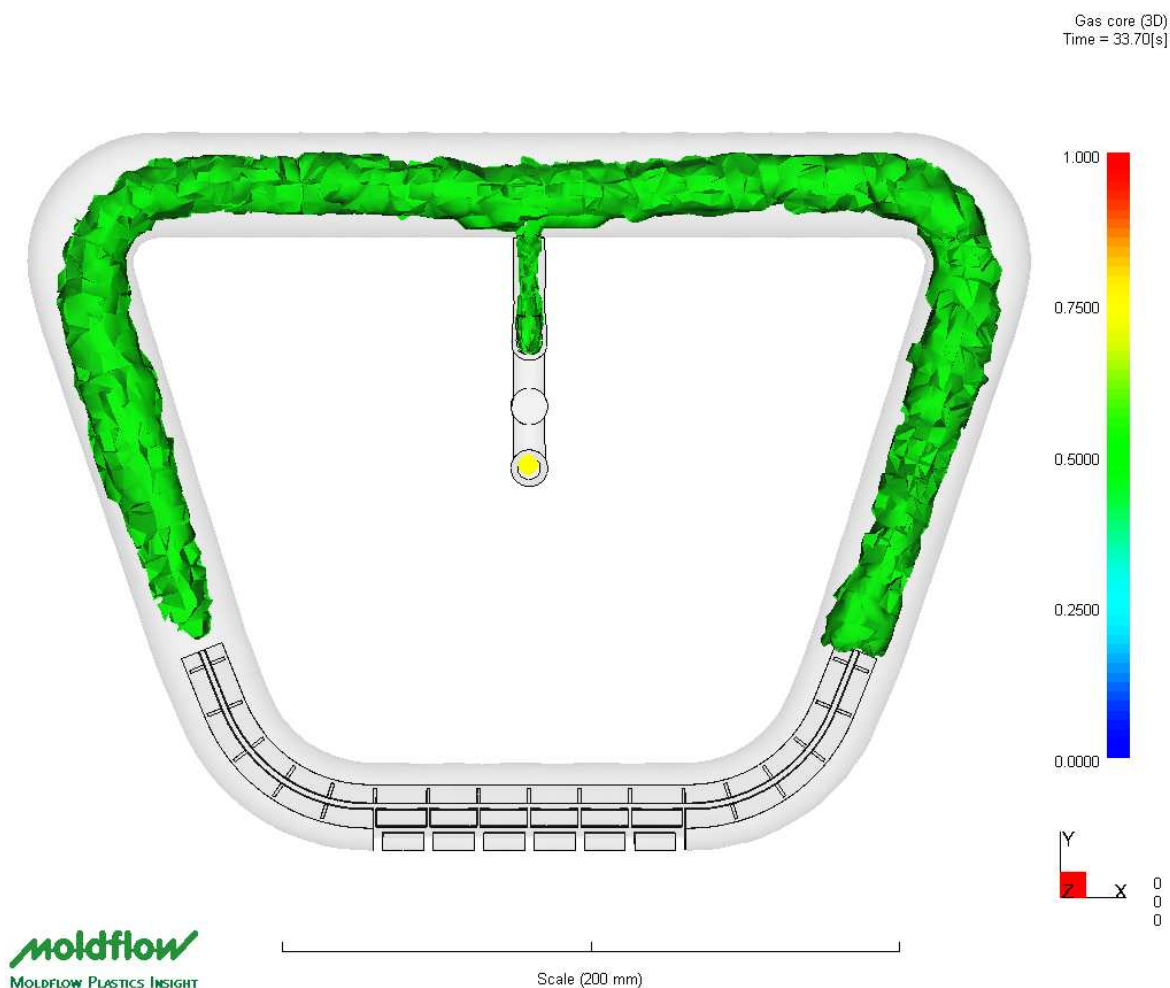
U analýzy rukojeti bylo potřeba stanovit množství vstříknutého polymeru a velikost vstřikovaného tlaku plynu. Množství vstřikovaného polymeru bylo voleno od 65 do 75 % celkového objemu výstřiku a velikost vstřikovaného tlaku od 8 do 16 MPa. Při výrobě rukojeti budeme potřebovat, aby se nám vytvořila dutina ve 2/3 na horní části. Volené varianty a výsledky uzavíracích sil jsou uvedeny v tabulce (Tab. 3).

Nejvýhodnější varianta, při které nám plyn vyplnil potřebné místa výrobku je varianta 3. Při této variantě nám vyplní polymer dutinu do 70 % a poté nastává vstřikování plynu pod tlakem 11 MPa.

Tab. 3. Varianty volených procesních podmínek a výsledky velikosti uzavíracích sil

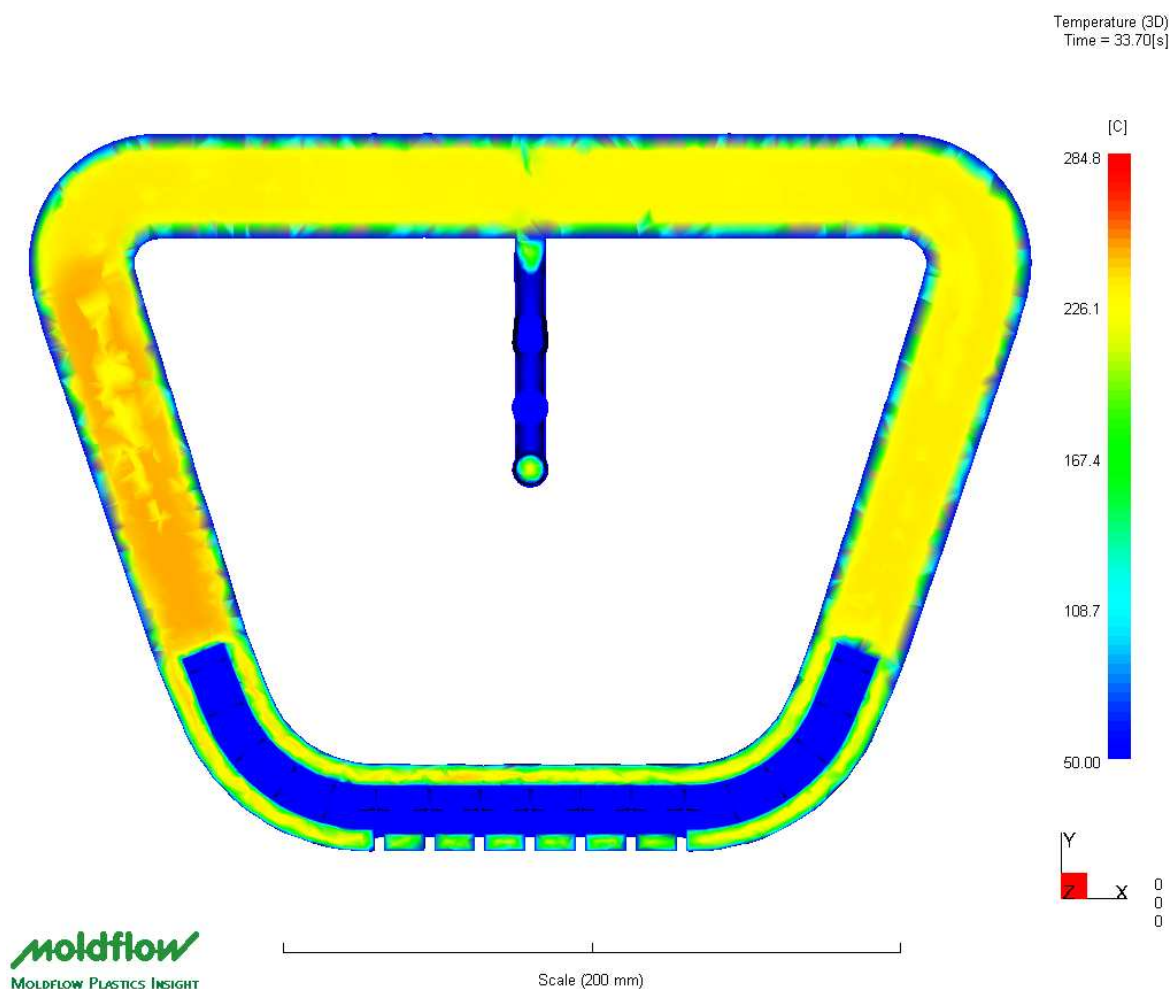
Varianta	1	2	3	4	5	6
Tlak plynu [MPa]	8	9	10	11	12	16
Plnění polymeru [%]	65	65	70	70	73	75
Uzavírací síla stroje [tuny]	22,8	25,7	28,6	31,5	34,3	45,7

Na obrázku (Obr. 33) je zobrazeno jádro plynu. Tloušťka stěny není stejnorodá. Stanovení technologických podmínek pro vstřikování rukojeti jsou spíše orientační a předpokládá se, že při výrobě mohou být upraveny.



Obr. 33. Jádro plynu výstřiku rukojeti

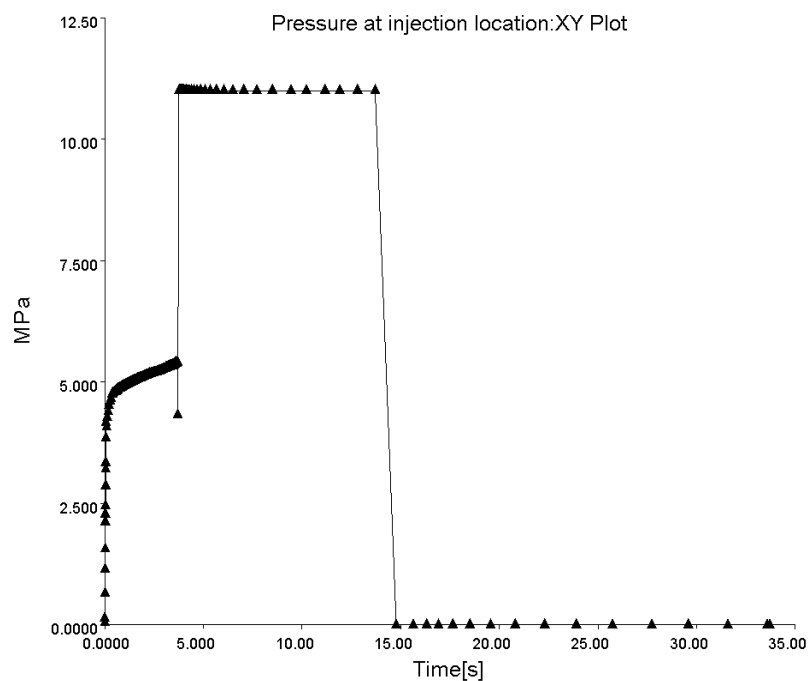
Obrázek (Obr. 34) řezu výstřiku rukojeti, nám ukazuje průběh teploty ve výstřiku. Důležitá je pro nás teplota, která bude okolo výstřiku nosné části vložené do dutiny formy před vstřikováním. Tato teplota se pohybuje okolo 140 °C. Lze předpokládat, že výstřik nosné části bude nataven do struktury materiálu rukojeti.



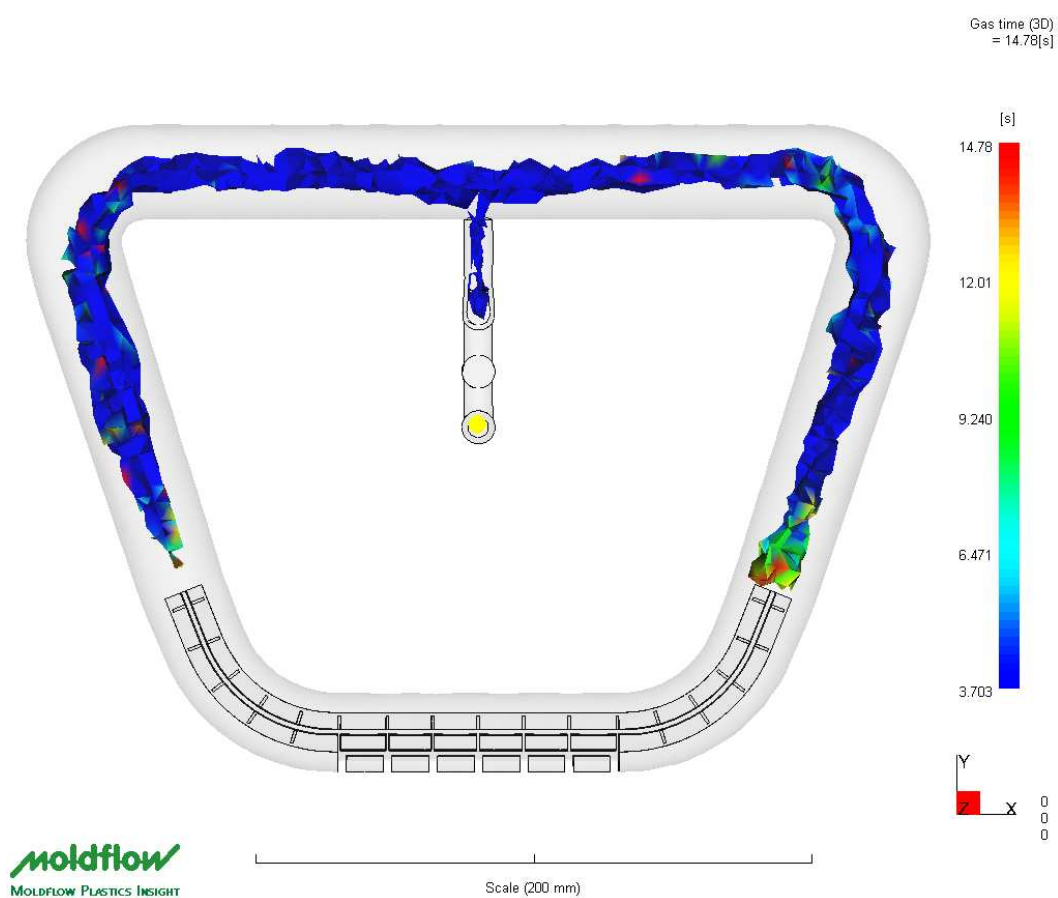
Obr. 34. Průběh teploty – řez výstřiku rukojeti

Na obrázku (Obr. 35) je zobrazen průběh tlaku v místě vstřikování. Z průběhu tlaku je poznat start vstřikování plynu o velikosti 11 MPa. Doba setrvání na této hodnotě je 10 s. Tato hodnota se zadávala do procesních podmínek.

Další údaj získaný z výsledků analýzy, je velikost uzavírací síly. Při využití technologie GIT jsou uzavírací síly mnohem menší než u běžného vstřikování. Je to způsobeno menšími tlaky při vstřikování. Uzavírací síla potřebná pro vstřikovací stroj rukojeti je 31,5 tun. Porovnání velikostí uzavíracích sil jsou uvedeny v tabulce (Tab. 3).



Obr. 35. Průběh tlaků v místě vtoku



Obr. 36. Průběh času vstřikování plynu

Obrázek (Obr. 36) nám popisuje průběh vstřikování plynu. Při porovnání celkové doby působení tlakem plynu, je zřejmé, že vyplnění dutiny formy plynem se uskuteční takřka okamžitě.

2.4 Konstrukce vstřikovací formy pro nosnou část

Konstrukce vstřikovacích forem byla vyhotovena také v programu Autodesk Inventor 6.

Při konstrukci vstřikovacích forem se používají systémy na bázi stavebnicových prvků tzv. normálie, které jsou v současné době na trhu běžně dostupné od zahraničních firem. Pro konstrukci forem byly využity normálie německé firmy Hasco, které jsou dostupné jak v tištěné formě, tak v digitální formě na fakultě technologické. Digitální katalog disponuje knihovnou typizovaných normálií, které jsou zkonvertovány do formátu SAT. Tyto modely normálií jsou poté načteny do programu Autodesk Inventor 6.

Každá firma produkující stavebnicové prvky normálií má zavedené vlastní označení těchto prvků. Firma Hasco má zavedené značení A, H, K, T a Z.

A – normálie: Elektronické řídicí prvky

H – normálie: Tunelové vtoky

K – normálie: Deskové součásti forem čtvercového, obdélníkového nebo kruhového tvaru.

T – normálie: Konstrukční prvky se širokým využitím pro lisovací a prostřihovací nástroje.

Z – normálie: Příslušenství pro formy (vodící prvky, vyhazovací prvky, horké vtoky, elektronické a elektrické přístroje, odformovací systémy a chladicí prvky.

2.4.1 Velikost rámu a násobnost

Velikost rámu vstřikovací formy pro nosnou část je ovlivněna rozměry výstřiku. Velikost rámu byla zvolena 446 x 496. Násobnost formy bude 1.

2.4.2 Stanovení dělicí roviny

Stanovení hlavní dělicí roviny bylo velmi obtížné, protože design výrobku je složitý. Hlavní dělicí rovina je orientovaná tak, aby hlubší žebrovaná část byla na pohyblivé straně formy. Tím bude zaručeno, že výstřik bude zůstat na pohyblivé části pro následné odformování. Vedlejší dělicí rovina je určena posuvným klínem.

Dutina formy je vzhledem k velikosti rámu vyrobena do tvarových vložek. Z výsledků technologických analýz je velikost dutiny zvětšena o velikost smrštění, v našem případě o 1 %.

2.4.3 Umístění a volba typu vtoku

Volba vtokového systému byla již uvedena v kapitole 2.3.1. Ústí je voleno tak, aby se dal výstřik bez problémů odformovat. Pro konstrukci je nutné navrhnout typ horkého vtoku. Typ trysky se volí podle hmotnosti výstřiku a zpracovávaného materiálu. Pro PP plněný 30 % skleněných vláken a předpokládanou hmotností výstřiku 300 g je zvolena tryska s hrotem typu Z 104 GV. Tato tryska je vhodná pro plněný PP a je schopna vstříknout výstřiky do hmotnosti 400 g.

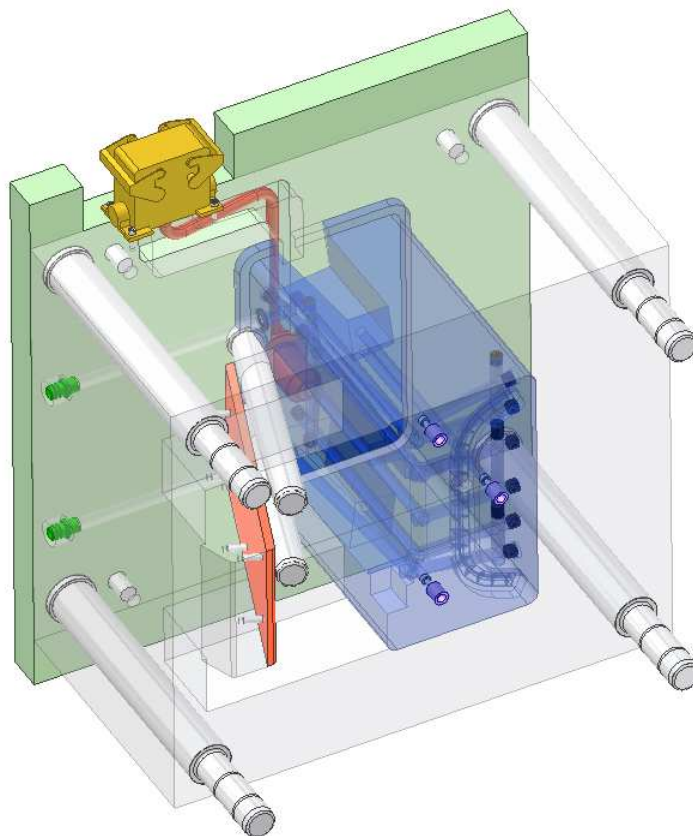
2.4.4 Vyhazování výstřiku

Po otevření formy následuje vyhození výstřiku. Pro kvalitní vyhození výstřiku je forma vybavena prizmatickými a kruhovými vyhazovači.

2.4.5 Popis konstrukce formy

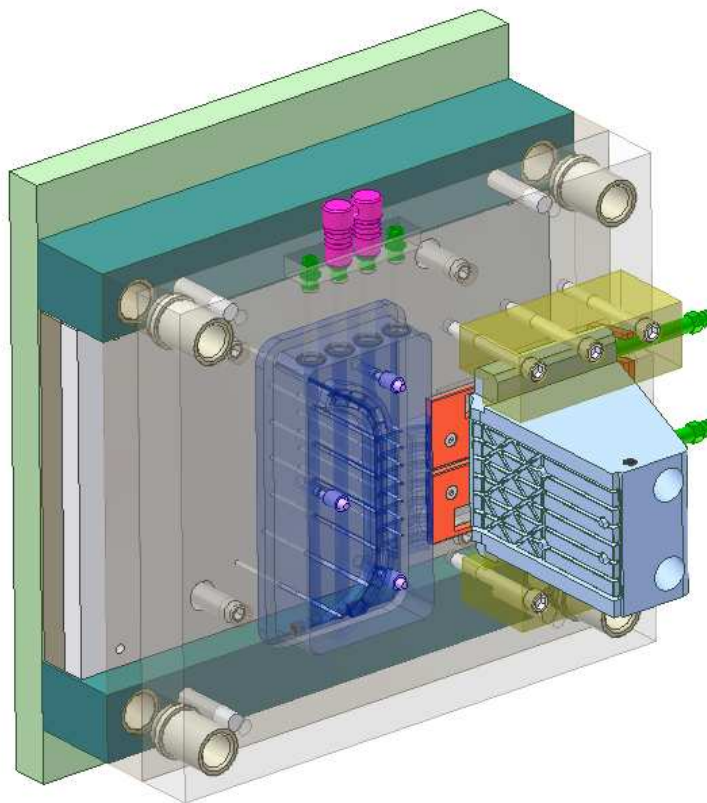
Pravá strana (Obr. 37): skládá se z upínací desky a tvarové desky, do které je umístěna tvarová vložka. Obě desky jsou spojeny šrouby. Do upínací desky a tvarové desky se vkládá vytápěná tryska, která je zajištěna středícím kroužkem přišroubovaným k upínací desce. Středící kroužek nám zároveň slouží k vycentrování formy na deskách vstřikovacího stroje. Od této trysky jsou vedeny kabely ke konektoru umístěném na horní části formy. Pravá strana formy je vybavena vodícími čepy pro přesné vedení. Dále

je vybavena dvěma čepy pro klín, který se pohybuje na levé straně formy. Tvarová deska společně s vložkou je vybavena temperačním systémem.

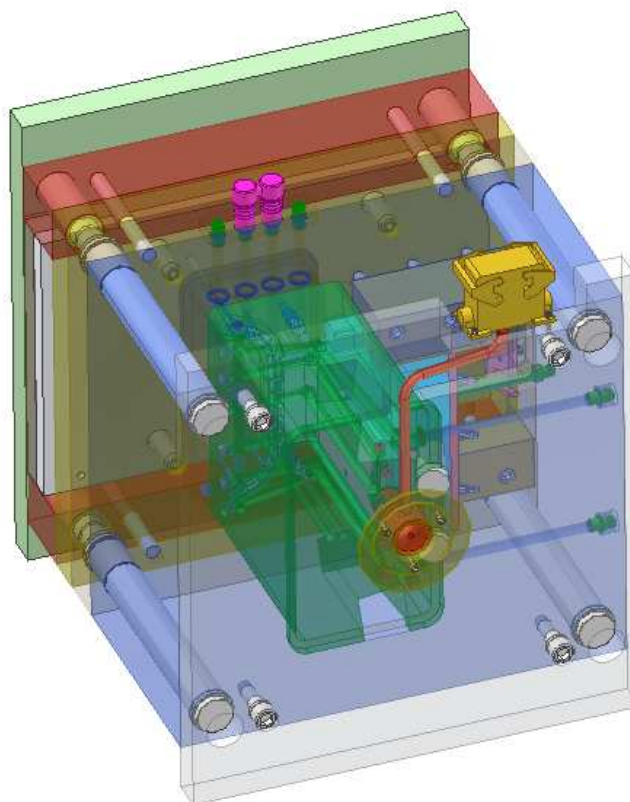


Obr. 37. Pravá strana formy pro nosnou část

Levá strana (Obr. 38): skládá se z upínací desky, rozpěrných desek, opěrné desky a tvarové desky. Tyto desky jsou spojené pomocí šroubů. Do tvarové desky je vložena tvarová vložka. K odformování výstřiku se na tvarové desce pohybuje klín, který tvoří vedlejší dělicí rovinu. Klín se pohybuje ve vodících lištách směrem ven z formy po čepech umístěných na pravé straně formy. Po opuštění těchto čepů drží tento klín ve stálé poloze dva kuličkové držáky klínu. Na upínací desce je upevněn středící kroužek. K vyhození výrobku z formy je levá část vybavena vyhazovacím systémem. Tento systém tvoří kulaté a prizmatické vyhazovače, které jsou uchycené mezi kotevní a opěrnou deskou pro vyhazovače. Vedení těchto desek zajišťují vodící sloupky. K opěrné vyhazovací desce je přišroubována hřídel, která nám zajišťuje chod vyhazovačů. Tvarová deska je také vybavena vodícími pouzdry pro vodící čepy z pravé strany. Temperační systém je zabudován do tvarové desky a vložky.



Obr. 38. Levá strana formy pro nosnou část



Obr. 39. Sestava formy pro nosnou část

Sestava formy pro výstřik nosné části područky je zobrazena na obrázku (Obr. 39).

2.5 Konstrukce vstřikovací formy pro rukojeť

Již dříve bylo zmíněno, že rukojeť bude obstříknuta kolem výstřiku nosné části. Proto musí konstrukce formy počítat jak s prostorem pro výstřik nosné části, tak s prvky umožňující využití metody GIT.

2.5.1 Velikost rámu a násobnost

Velikost rámu vstřikovací formy pro rukojeť je ovlivněna velikostí výstřiku nosné části a rozměry výstřiku rukojeti. Velikost rámu byla zvolena 546 x 696. Násobnost formy bude 1.

2.5.2 Stanovení dělicí roviny

Dělicí rovina byla zvolena tak, aby se výstřik dobře odformovával. Musela být zvolena i vedlejší dělicí rovina, která nám zajistí, že spoj vytvořený z dělicích rovin bude na přijatelnějším místě a nebude tak viditelný. Vedlejší dělicí rovina je určena posuvným klínem. Forma je vybavena přidržovačem vtoku, který nám zajistí výstřik područky na levé straně formy při odformování.

Dutina formy je vzhledem k velikosti rámu vyrobena také do tvarových vložek. Velikost dutiny je zvětšena o 1 % smrštění.

2.5.3 Umístění a volba typu vtoku

Volba vtokového systému byla již uvedena v kapitole 2.3.3. Pro horký vtokový systém byla navržena tryska s kulatou hlavou Z 3340. Při konstrukci studeného kanálu bylo nutné vypočítat potřebný průměr rozvodného kanálu. Výpočet je dán vztahem (1).

$$D = d \cdot m_k \cdot p \cdot g \quad (1)$$

- D ... průměr rozváděcího kanálu
- d ... základní průměr rozváděcího kanálku v závislosti na objemu výstřiku dle tabulky (Tab. 3)
- m_k ... korekční faktor vlastnosti plastu, dle tabulky (Tab. 4)
- p ... korekční faktor délky rozváděcího kanálu, dle tabulky (Tab. 5)
- g ... korekční faktor obsahu plniva v plastu, dle tabulky (Tab. 6) [1]

Tab. 4. Základní průměr kanálu – d

Průměr – d [mm]	8	9	10	12	14	16
Objem dílce [cm³]	30 – 50	60 – 80	80 – 120	120 – 250	250 – 500	500 – 800

Tab. 5. Korekční faktor vlastností plastů - m_k

Plast	PE, PS	PP, hPS, PA	ABS, PBT	PC, POM, mPVC	PMMA, tPVC, FEP
Korekce - m_k	0,4 ÷ 0,6	0,5 ÷ 0,8	0,6 ÷ 0,8	0,7 ÷ 0,9	0,8 ÷ 1,0

Tab. 6. Korekční faktor délky kanálu – p

Korekce – p	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
Délka kanálů [mm]	60	60 – 100	100 – 160	160 – 220	220 – 300	300 – 400

Tab. 7. Korekční faktor plnění polymerů – g

Korekce – g	1	1,1	1,2
Plnění polymerů – [%]	0	16	30

Volba konstant:

Objem rukojeti je 600 g z tabulky (Tab. 4) je $d = 16$ mm. Z tabulky (Tab. 5) je zvoleno $m_k = 0,6$. Délka kanálu je 100 mm z tabulky (Tab. 6) je $p = 1,1$. Materiál není plněn, proto z tabulky (Tab. 7) je $g = 1$.

$$D = 16 \cdot 0,6 \cdot 1,1 \cdot 1 = 10,56 \text{ mm}$$

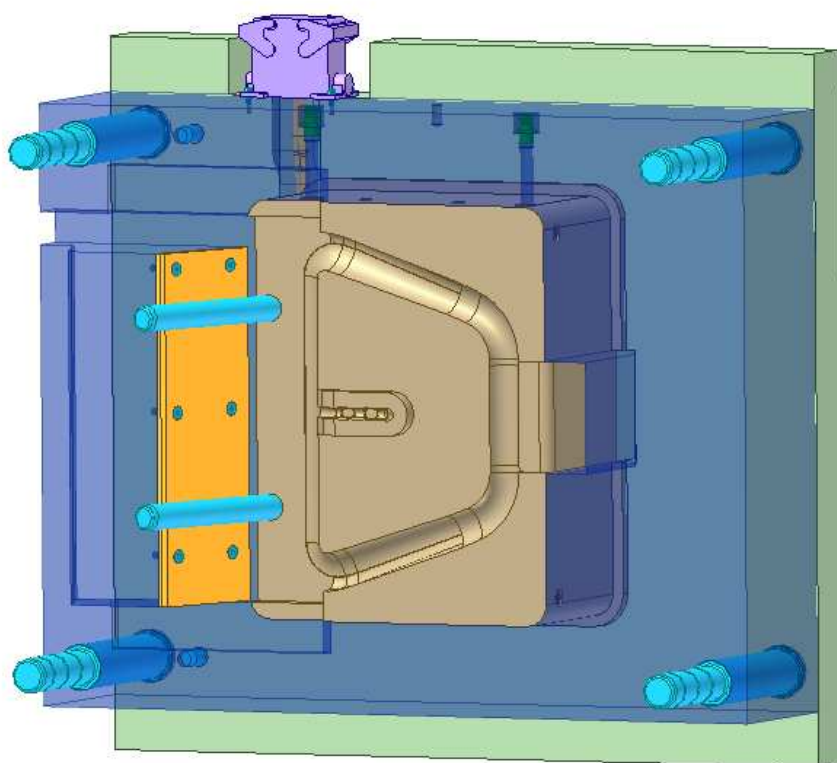
Průměr rozvodného kanálu volím 10 mm. Rozvodný kanál je zkonstruován v lichoběžníkovém tvaru.

2.5.4 Vyhadzování výstřiku

Vyhození výstřiku je realizováno pomocí kruhových vyhadzovačů o průměru 5 mm.

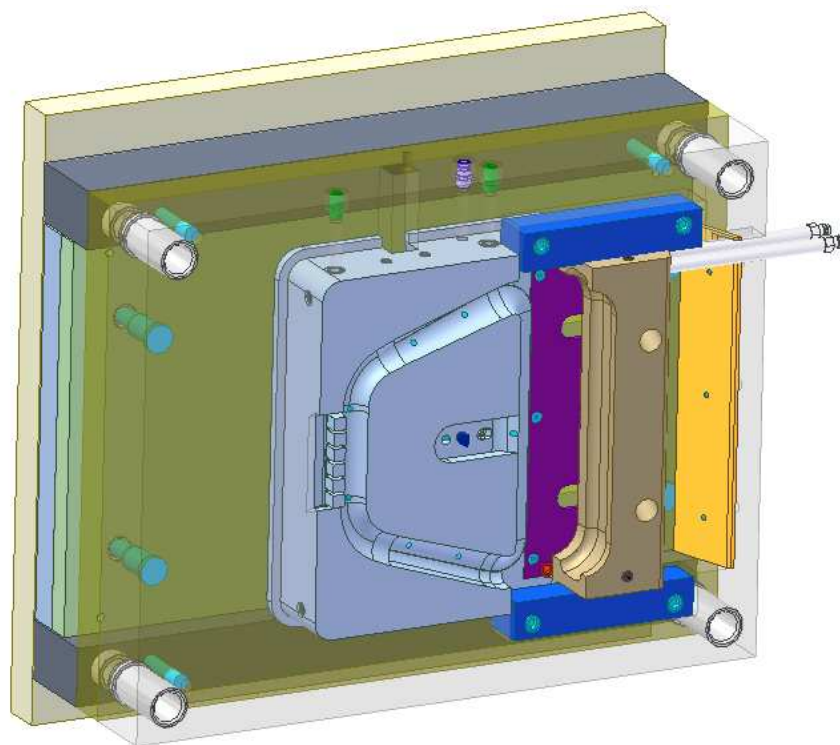
2.5.5 Popis konstrukce formy

Pravá strana (Obr. 40): je složena z upínací desky a tvarové desky, do které je umístěna tvarová vložka. Desky jsou spolu spojeny pomocí šroubů. Do upínací desky a tvarové desky se vkládá pouzdro pro vytápěnou trysku a vytápěná tryska. Tato tryska je zajištěna středícím kroužkem přišroubovaným k upínací desce. Středící kroužek nám slouží k vycentrování formy na deskách vstřikovacího stroje. Na horní části formy je upevněn konektor pro rozvodné kabely vyhřívané trysky. V tvarové desce jsou umístěny čtyři vodící čepy pro přesné vedení a dva čepy pro vedení klínu. Tvarová deska je opatřena dutinou pro výstřik nosné části, který se bude vkládat do formy. Tvarová deska společně s vložkou je vybavena temperačním systémem.

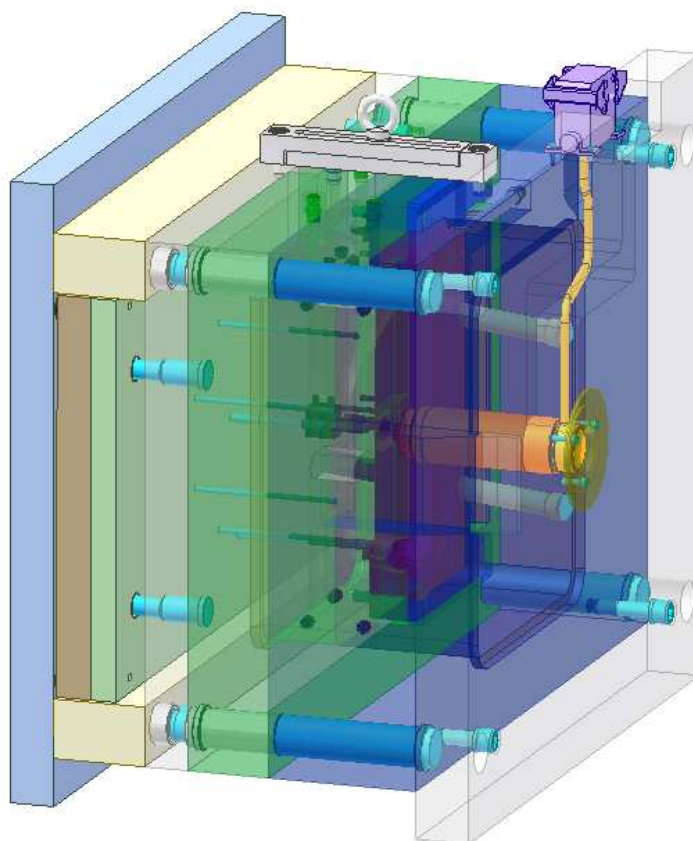


Obr. 40. Pravá strana vstřikovací formy pro rukojeť

Levá strana: skládá se z upínací desky, z rozpěrných desek, z opěrné desky a z tvarové desky, do které je vložena tvarová vložka. Všechny hlavní desky jsou spojeny pomocí šroubů. Na upínací desce je namontován středící kroužek. Tvarová deska je vybavena vodičmi pouzdry pro vodičí čepy z pravé strany formy. Do tvarové desky je umístěn hydraulický uzavírač vtokového ústí a ventil pro vstřikování plynu. Na horní části formy je umístěna plynová rychlospojka, která je pomocí rozvodných kanálů propojena s plynovým ventilem. Na levé straně formy se ve vodičích lištách pohybuje klín. Pohyb klínu je realizován při otevírání formy pomocí dvou čepů umístěných na pravé straně formy. Po vyjetí klínu mimo dosah čepů je pozice klínu zajištěna kuličkovým držákem klínu. Pro vyhození výstřiku je na formě namontován vyhazovací systém, který je ovládán pomocí vyhazovací hřídele. Vyhazovací systém se skládá z opěrné a kotevní vyhazovací desky, do kterých jsou umístěny vodičí pouzdra pro čepy a vyhazovací kolíky. Středový vyhazovací kolík je zároveň přidržovačem vtokového zbytku. Pohyb vyhazovacího systému je realizován na vodičích sloupech. Deska tvárníku s tvarovou vložkou a klín jsou vybaveny temperačním systémem.



Obr. 41. Levá strana vstříkovací formy pro rukojeť



Obr. 42. Sestava formy pro rukojeť

Na obrázku (Obr. 42) je zobrazena sestava vstřikovací formy pro područku kancelářské židle.

2.6 Mechanická analýza vstřikovacích forem

Při návrhu formy je třeba kontrolovat průhyb desky a její maximální hodnoty napětí $\sigma_{\max}$. Při dimenzování rámu formy se musí zaručit taková tuhost formy, aby nebyla překročena povolená velikost průhybu.

Průhyb se kontroluje proto, aby nedocházelo k vytvoření nežádoucích přetoků. Budeme předpokládat, že povolený průhyb nesmí překročit hodnotu 0,02 mm.

2.6.1 Analýza vstřikovací formy pro nosnou část

Mechanická analýza byla vyhotovena v programu COSMOS/ Design STAR 3. Musíme vyhodnotit namáhání na pravé straně formy a na levé straně formy. Na pravé straně formy bude nutné analyzovat průhyb tvarové desky a na levé straně budeme analyzovat průhyb opěrné desky.

Největší průhyb tvarové desky bude pod klínem, kde nám působí vypočtená síla. Tvarová desce jsou odebrány 3 stupně volnosti na ploše, která je opřena o upínací desku a na ploše, která se opírá o tvarovou desku levé strany formy. Další 3 stupně volnosti jsou odebrány dírami pro čepy.

Průhyb opěrné desky bude definován působící silou na plochu, kterou se nám opírá vložka tvárníku o opěrnou desku. Opěrné desce jsou odebrány 3 stupně volnosti na ploše, která se opírá o rozpěrky. Další 3 stupně volnosti jsou odebrány dírami pro vodící pouzdra čepů.

Pro stanovení síly působící na plochu tvarové desky a síly působící na plochu opěrné desky užijeme vztah (2).

$$F = P \cdot S \quad (2)$$

F... je působící síla [N]

P... je tlak v dutině formy [MPa]

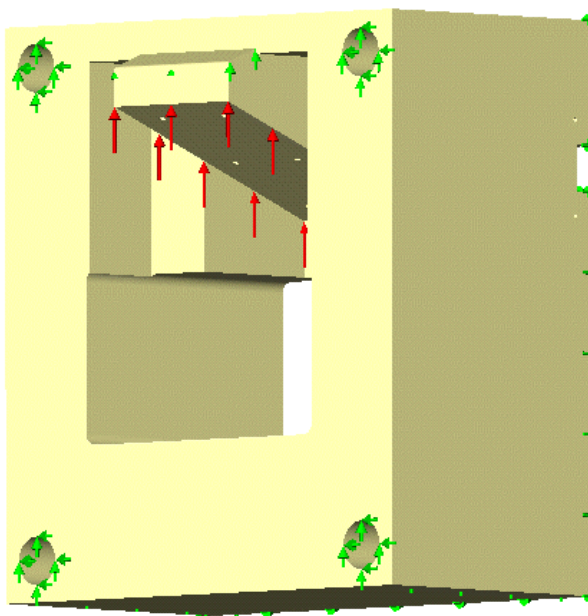
S... je plocha průřezu dutiny formy [mm]

Do výpočtu byl zadán tlak v dutině formy, který jsme získali z technologické analýzy. Dále byl vypočten průřez dutiny formy. Přehled hodnot zadávaných do vztahu (2) a vypočtené síly jsou uvedeny v tabulce (Tab. 8).

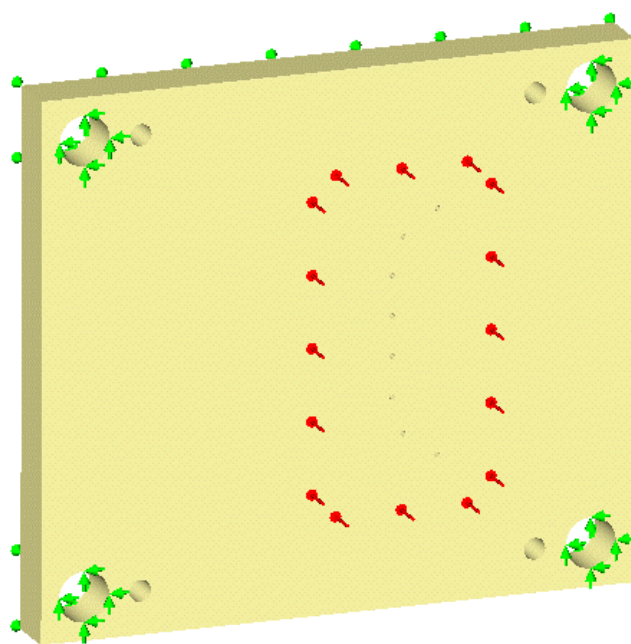
Tab. 8. Hodnoty potřebné pro výpočet a výsledky působící síly

	P [MPa]	S [mm ²]	F [N]
Pravá strana formy	48,33	19525	943644
Levá strana formy	48,33	6043	292059

Ukázka zatížení a reakcí tvarové desky je na obrázku (Obr. 43). Zatížení a reakce opěrné desky jsou uvedeny na obrázku (Obr. 44).



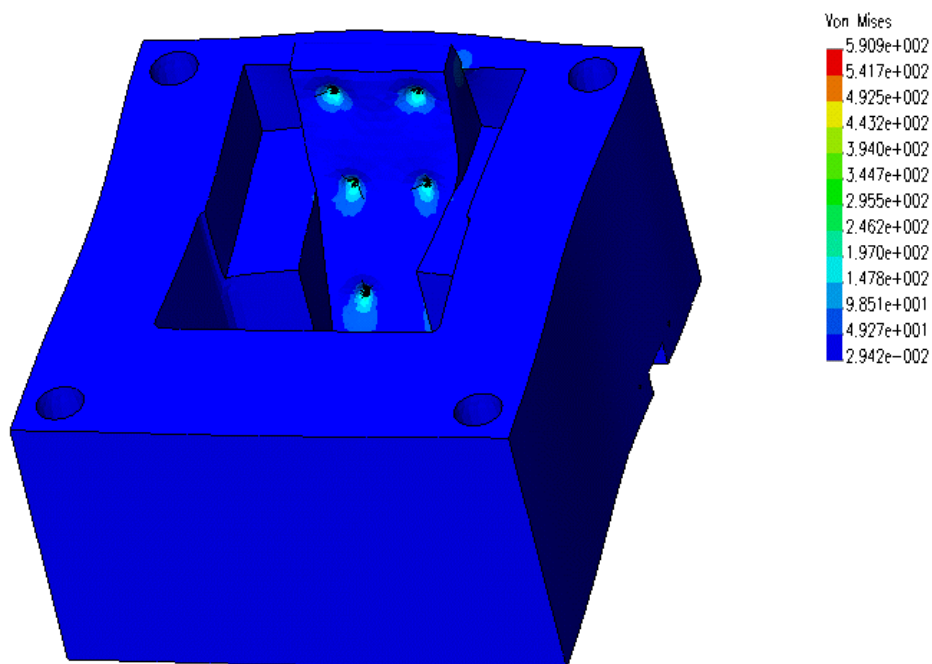
Obr. 43. Zatížení a reakce tvarové desky



Obr. 44. Zatížení a reakce opěrné desky

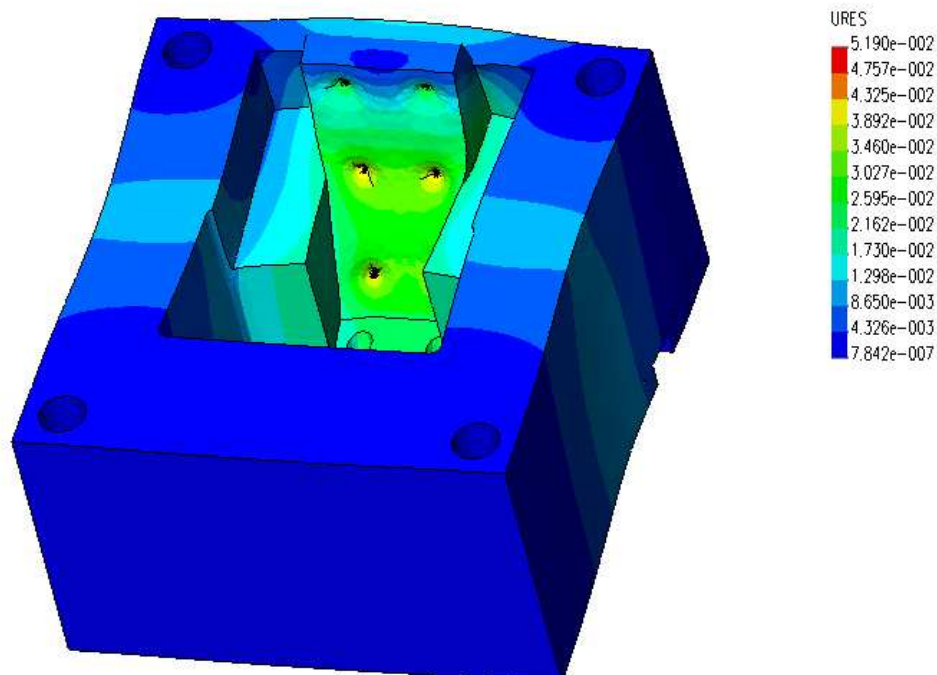
Výsledky mechanické analýzy formy pro výstřik nosné části jsou zobrazeny na obrázcích (Obr. 45 – 48).

prav strana-1 :: Static Nodal Stress
Units : MPa Deformation Scale 1 : 959.625



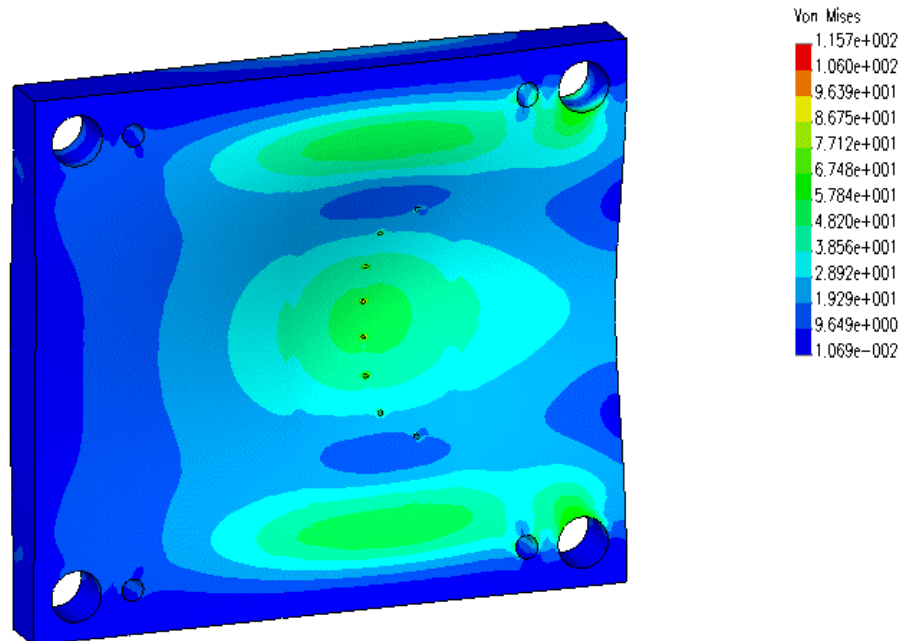
Obr. 45. Průběh a hodnota napětí tvarové desky

prav strana-1 :: Static Displacement
Units : mm Deformation Scale 1 : 959.625



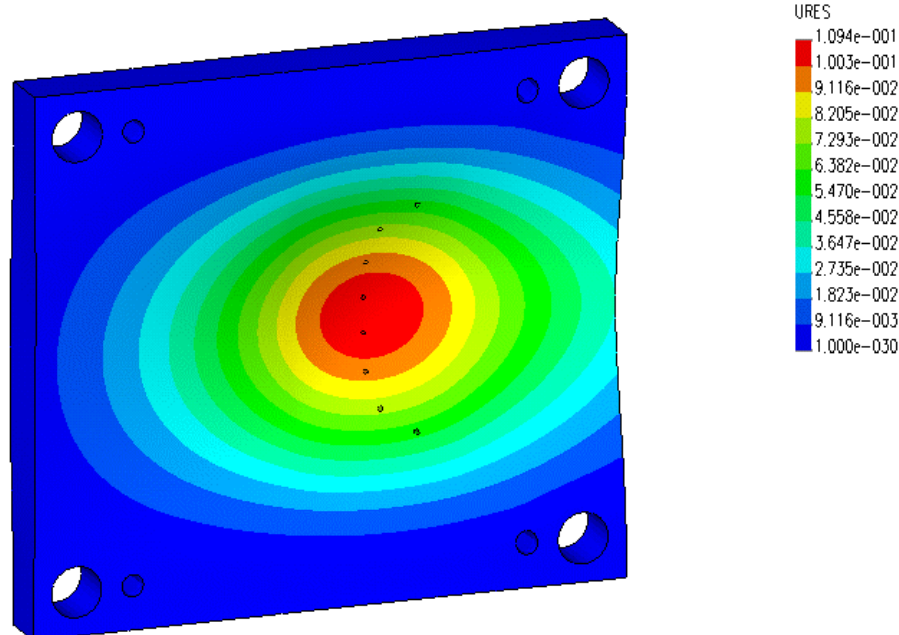
Obr. 46. Průběh a hodnota posunutí tvarové desky

op.rn deska-1 :: Static Nodal Stress
Units : MPa Deformation Scale 1 : 453.391



Obr. 47. Průběh a hodnota napětí opěrné desky

op.rn deska-1 :: Static Displacement
Units : mm Deformation Scale 1 : 453.391



Obr. 48. Průběh a hodnota posunutí opěrné desky

Hodnota výsledného napětí pro tvarovou desku je 590 MPa. Tvarová deska je obvykle vyrobena z materiálu dle DIN 1.1730 s ekvivalentem 11 600. Dovolené napětí na mezi kluzu je 165 MPa. Je vidět, že zkonstruovaný rám tvarové desky je nevyhovující a musí se zvětšit velikost rámu formy. Posunutí je také nevyhovující. Je to způsobeno velkými silami, které vznikají při vstřikování.

Dovolené napětí na mezi kluzu opěrné desky je také 165 MPa, protože opěrná deska je také z materiálu 11 600. Výsledné působící napětí na opěrnou desku je menší než dovolené, tudíž vyhovuje. Výsledné posunutí opěrné desky je pro nás nevyhovující, proto musí být nahrazena tlustší opěrnou deskou.

2.6.2 Analýza vstřikovací formy rukojetí

Na vstřikovací formě pro výstřik rukojeti budeme postupovat obdobně jako u formy pro nosnou část. Musíme vyhodnotit namáhání na pravé a levé straně formy. Pro stanovení komplexního řešení byly prováděny analýzy sestav desek. Na pravé straně formy je sestava tvarové desky a tvarové vložky. Předpokládá se, že obě desky jsou spolu slepeny. Na levé

straně formy je sestava rozpěrných desek, opěrné desky a tvarové desky, do které je umístěna tvarová vložka. Všechny desky jsou spolu slepeny.

Na sestavě pravé strany formy jsou odebrány 3 stupně volnosti na ploše, která se opírá o upínací desku a ploše, která se opírá o levou stranu formy. Další 3 stupně volnosti jsou odebrány díram pro čepy. Tvarovou desku budeme zatěžovat vypočtenou silou na plochu, která bude v kontaktu s klínem.

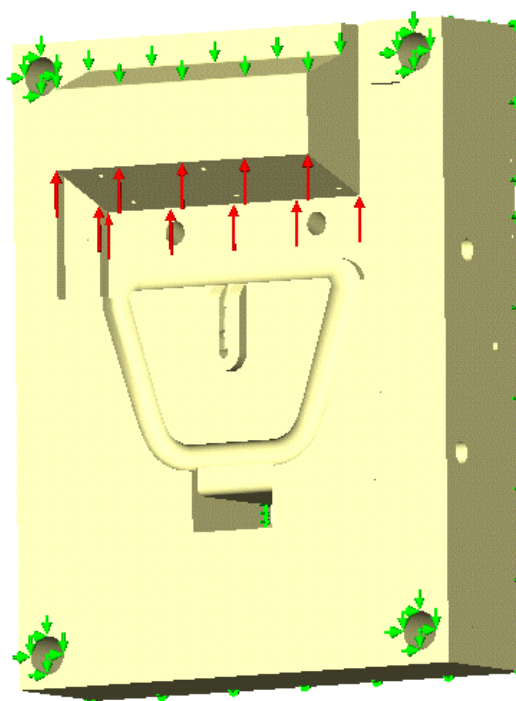
Sestavě levé strany formy jsou odebrány 3 stupně volnosti rozpěrným deskám na ploše, která je v kontaktu s upínací deskou. Díram pro vodící pouzdra čepů jsou odebrány 3 stupně volnost. Zatížení je realizováno tlakem na dutinu formy.

Pro stanovení síly působící na plochu tvarové desky použijeme vztah (2).

Přehled hodnot zadávaných do vztahu (2) a vypočtené síly jsou uvedeny v tabulce (Tab. 9).

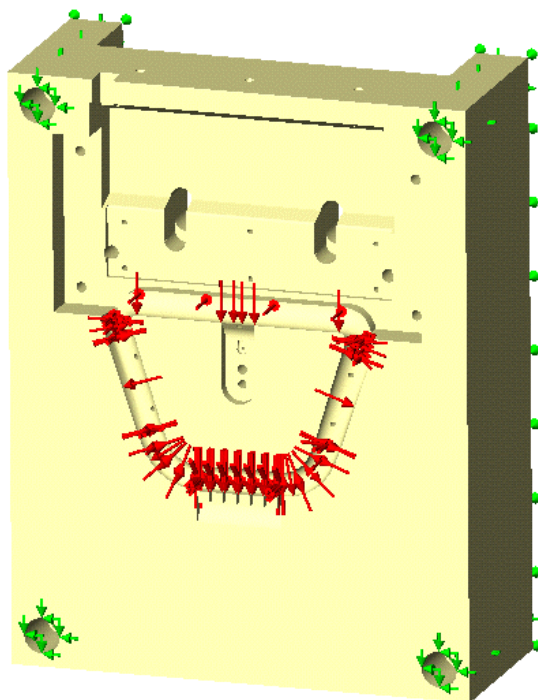
Tab. 9. Hodnoty potřebné pro výpočet a výsledky působící síly

	P [MPa]	S [mm ²]	F [N]
Pravá strana formy	11	21574	237314



Obr. 49. Zatížení a reakce sestavy pravé strany

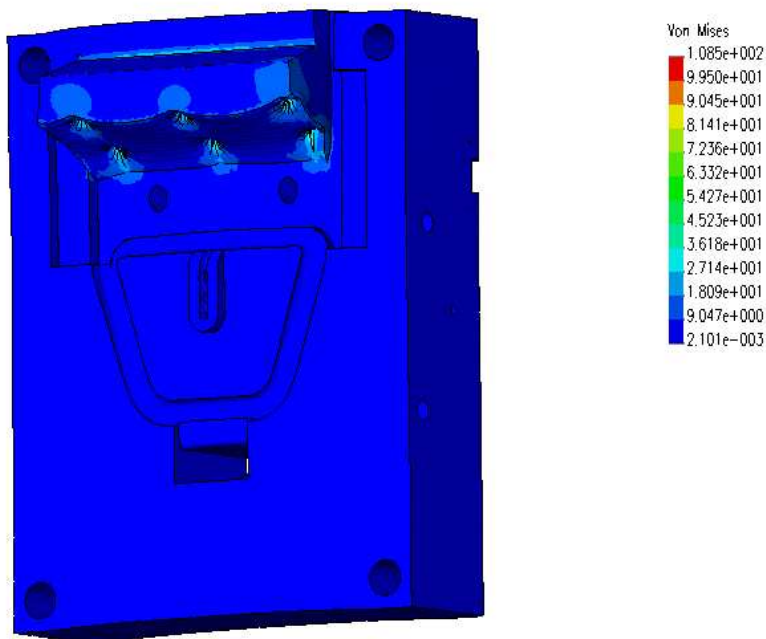
Ukázka zatížení a reakcí sestavy pravé a levé strany je na obrázku (Obr. 49, 50).



Obr. 50. Zatížení a reakce sestavy levé strany

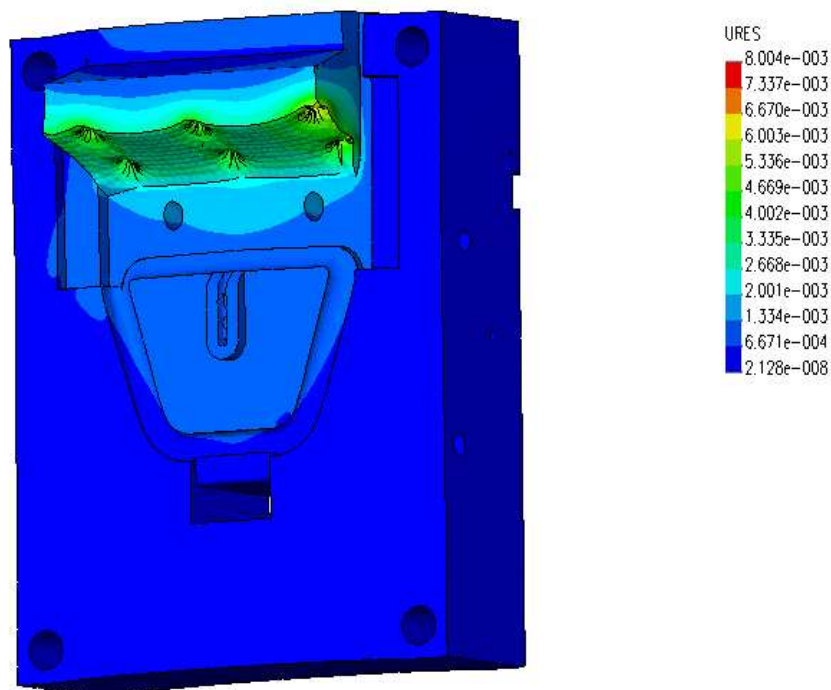
Na obrázcích (Obr. 51 – 54) jsou hodnoty napětí a posunutí formy rukojeti.

prav strana-1 :: Static Nodal Stress
Units : MPa Deformation Scale : 1 : 9005.85



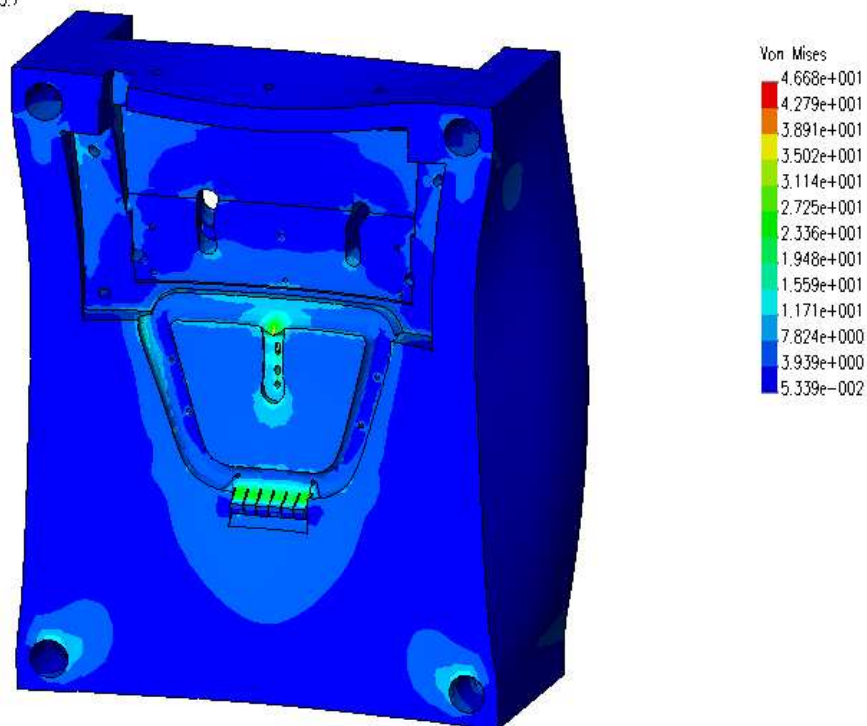
Obr. 51. Průběh a hodnota napětí sestavy pravé strany

prav strana-1 :: Static Displacement
Units : mm Deformation Scale 1 : 9005.85



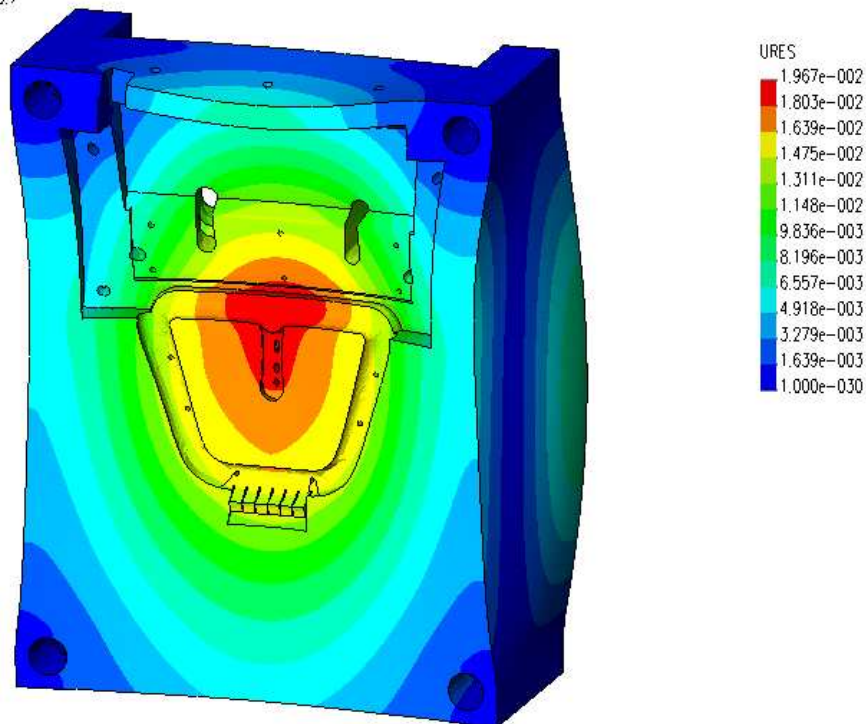
Obr. 52. Průběh a hodnota posunutí sestavy pravé strany

lev strana pro cosmos part-1 :: Static Nodal Stress
Units : MPa Deformation Scale 1 : 3603.7



Obr. 53. Průběh a hodnota napětí sestavy levé strany

lev strana pro cosmos part-1 :: Static Displacement
Units : mm Deformation Scale 1 : 3603.7



Obr. 54. Průběh a hodnota posunutí sestavy levé strany

Výsledná napětí na sestavě pravé a levé strany jsou menší než je hodnota dovoleného napětí na mezi kluzu použitého materiálu 11 600. Požadavek, že posunutí nesmí překročit 0,02 mm je také splněn, proto nám navržený rám formy bude vyhovovat.

DISKUSE VÝSLEDKŮ

Během návrhu designu područky kancelářské židle bylo rozhodnuto, že se područka bude skládat ze dvou částí. Z nosné části a z rukojeti. Materiál nosné části bude plněn 30 % skleněných vláken. Nosná část musí být schopna snášet zatížení působící v provozních podmínkách. Výsledné napětí nesmí překročit hodnotu napětí v tahu na mezi pevnosti, které je 90 MPa. Během návrhu designu byly provedeny změny tvaru nosné části. Výsledný tvar nosné části má změněnu šířku z původních 72 mm na 100 mm a výšku z původních 20 mm na 40 mm. Velikost tloušťky stěn výstřiku a žeber nosné části je 3 mm. Na designu rukojeti nebyly provedeny úpravy tvaru a byl použit již první návrh.

Pro dimenzování dutiny formy bylo nutné provést technologickou analýzu, která nám ukáže velikost smrštění výstřiku. Z výsledků technologické analýzy je patrné, že smrštění se bude pohybovat okolo 1 %. Na základě těchto poznatků byly dimenzovány tvarové vložky. Byly zvoleny procesní podmínky pro výrobu nosné části. Teplota formy bude

50 °C, teplota taveniny bude 230 °C, doba vstřikování bude 2 s a doba chlazení 20 s. Z výsledků technologické analýzy nosné části byl zjištěn tlak v dutině formy, který bude 48,33 MPa a potřebná uzavírací síla stroje musí být větší než 69,8 tun. Pro výrobu rukojeti byla zvolena teplota formy 50 °C, teplota taveniny 230 °C, doba plnění 5 s, doba chlazení 20 s, vstřikování plynu začne při 70 % naplnění dutiny formy plastem a bude působit o velikosti 11 MPa po dobu 10 s. Z výsledků technologické analýzy rukojeti je v průběhu vstřikování dosažen maximální tlak v dutině formy 11 MPa a uzavírací síla vstřikovacího stroje je 31,5 tuny.

Pro konstrukci formy nosné části byl vytvořen rám o velikosti 446 x 496. Při mechanické analýze této formy se ukázalo, že velikost rámu nebude postačující pro zaručení maximálního posunutí o 0,02 mm. Velikost napětí na tvarové desce je 590 MPa a to 3,5 větší než povolené napětí použitého materiálu 11 600. Velikost prohnutí opěrné desky je 0,11 mm a to je 5,5krát překročena povolená mez prohnutí desky. Proto by velikost rámu měla být při případné výrobě zvětšena. Také tloušťka opěrné desky musí být zvětšena.

Konstrukce formy pro rukojeť je navržena o velikosti rámu 546 x 596. Tato velikost rámu je z výsledků mechanické analýzy formy vyhovující. Výsledná působící napětí jsou

pod hranicí dovoleného napětí na mezi kluzu použitého materiálu 11 600 a to je 165 MPa. Výsledná posunutí jsou pod dovoleným průhybem 0,02 mm. Při návrhu konstrukce formy pro rukojeť byl vypočten průměr rozvodného kanálu, který bude 10 mm.

Výkresová dokumentace obou forem a designu výstřiků je přiložena v příloze P I – P V.

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo navrhnout design a vstřikovací formy pro područku kancelářské židle. Područka kancelářské židle se skládá z nosné části a z rukojeti. Výstřík nosné části bude z materiálu PP Niplene F 30 AGR plněného 30 % skleněných vláken a výstřík rukojeti bude z materiálu PP HD 120M.

Byl navržen design obou výstříků, tak aby područka byla schopna snášet provozní namáhání.

Byly provedeny mechanické a technologické analýzy, v programech COSMOS/Design STAR 3.0 a Moldflow Plastics Insight 5.1. Výsledky dosažené z analýz byly aplikovány při návrhu designu područky a při konstrukci forem. Technologická analýza rukojeti byla nasimulována s využitím metodiky GIT. Dosažené výsledky z technologické analýzy je možno využít při výrobě.

Byla navrhnutá konstrukce vstřikovací formy pro nosnou část a následně byla provedena mechanická analýza formy. Z výsledků analýzy je nutná změna voleného rámu vstřikovací formy.

Dále byla navrhnutá konstrukce vstřikovací formy pro rukojeť s použitím metodiky GIT. Do formy se bude vkládat výstřík nosné části, který bude obstříknut materiálem rukojeti. Byla provedena mechanická analýza vstřikovací formy pro GIT. Rám vstřikovací formy je vyhovující pro výrobu výstříků.

Při konstrukci forem byly použity normy firmy Hasco.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Bobčík L. a Kol. Formy pro zpracování plastů I. díl – Vstřikování termoplastů. UNIPLAST, 1999, Brno.
- [2] Bobčík L. a Kol. Formy pro zpracování plastů II. díl – Vstřikování termoplastů. UNIPLAST, 1999, Brno.
- [3] Kryštof M., Konstrukce vstřikovací formy, UTB Zlín 1998.
- [4] Tomis F., Holštýn J., Formy a přípravky, VUT, 1985, Brno.
- [5] Avery J., Gas-assist injection molding: principles and applications, Hanser 2001, ISBN 3-446-21289-2.
- [6] Vávra P. a Kol., Strojnické tabulky, SNTL, 1984, Praha.
- [7] Firemní katalog normálií HASCO
- [8] Firemní katalog normálií FESTO
- [9] Internetové stránky: www.arburg.de
www.hasco.de
www.festo.cz
www.hotrunner.com
www.guenther-hotrunner.com

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

GIT	Gas assist Injection Molding – Vstřikování s podporou plynu
PS	Polystyren
SAN	Styren-akrylonitril
MMA/S	Kopolymer methyl-metakrylátu a styrenu
PP	Polypropylen
PE	Polyethylen
ABS	Kopolymer akrylonitrilu a butadien styrenového kaučuku
VVS	Vyhřívané vtokové soustavy
E	Modul pružnosti v tahu [MPa]
G	Modul pružnosti ve smyku [MPa]
ν	Poissonova konstanta [1]
ρ	Hustota [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]
σ_p	Napětí v tahu na mezi pevnosti [MPa]
D	Průměr rozváděcího kanálu [mm]
d	Základní průměr rozváděcího kanálu v závislosti na objemu výstřiku [MPa]
m_k	Korekční faktor vlastností plastu
p	Korekční faktor délky rozváděcího kanálu
g	Korekční faktor obsahu plniva v plastu
F	Působící síla [N]
P	Tlak v dutině formy [MPa]
S	Plocha průřezu dutiny formy [mm^2]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Základní typy vtokových ústí	16
Obr. 2. Vyhřívaná tryska: a) s vnějším vytápěním, b) s vnitřním vytápěním.....	22
Obr. 3. Plnění dutiny taveninou	31
Obr. 4. Vstřikování plynu	32
Obr. 5. Uzavření vtoku taveninou.....	32
Obr. 6. Plnění dutiny taveninou	33
Obr. 7. Vstřikování plynu	33
Obr. 8. Plnění dutiny taveninou	34
Obr. 9. Vstřikování plynu	34
Obr. 10. Zaplnění celé dutiny taveninou	35
Obr. 11. Vstřikování plynu	35
Obr. 12. Zaplnění celé dutiny taveninou	36
Obr. 13. Vstřikování plynu	36
Obr. 14. Dutina zaplněna taveninou	37
Obr. 15. Vstřikování plynu	37
Obr. 16. Područka kancelářské židle	42
Obr. 17. Model rukojeti	43
Obr. 18. Model nosné části varianta 1	44
Obr. 19. Varianta zatížení 1	46
Obr. 20. Varianta zatížení 2	47
Obr. 21. Varianta zatížení 3.....	47
Obr. 22. Průběh a hodnota napětí pro variantu zatížení 1	48
Obr. 23. Konečné řešení designu nosné části	49
Obr. 24. Průběh a hodnota napětí pro variantu zatížení 1	49
Obr. 25. Průběh a hodnota posunutí pro variantu zatížení 1	50
Obr. 26. Průběh a hodnota napětí pro variantu zatížení 2	50
Obr. 27. Průběh a hodnota posunutí pro variantu zatížení 2	51
Obr. 28. Průběh a hodnota napětí pro variantu zatížení 3	51
Obr. 29. Průběh a hodnota posunutí pro variantu zatížení 3	52
Obr. 30. Výsledná orientace krátkých skleněných vláken pro výstřik nosné části	54
Obr. 31. Celkové deformace výstřiku nosné části – zvětšení deformace 5x	55
Obr. 32. Průběh tlaku v místě vtoku	55

Obr. 33. Jádru plynu výstřiku rukojeti.....	57
Obr. 34. Průběh teploty – řez výstřiku rukojeti	58
Obr. 35. Průběh tlaků v místě vtoku	59
Obr. 36. Průběh času vstřikování plynu.....	59
Obr. 37. Pravá strana formy pro nosnou část.....	62
Obr. 38. Levá strana formy pro nosnou část.....	63
Obr. 39. Sestava formy pro nosnou část	63
Obr. 40. Pravá strana vstřikovací formy pro rukojeť	67
Obr. 41. Levá strana vstřikovací formy pro rukojeť	68
Obr. 42. Sestava formy pro rukojeť	68
Obr. 43. Zatížení a reakce tvarové desky	70
Obr. 44. Zatížení a reakce opěrné desky	71
Obr. 45. Průběh a hodnota napětí tvarové desky	71
Obr. 46. Průběh a hodnota posunutí tvarové desky	72
Obr. 47. Průběh a hodnota napětí opěrné desky	72
Obr. 48. Průběh a hodnota posunutí opěrné desky	73
Obr. 49. Zatížení a reakce sestavy pravé strany	74
Obr. 50. Zatížení a reakce sestavy levé strany.....	75
Obr. 51. Průběh a hodnota napětí sestavy pravé strany	75
Obr. 52. Průběh a hodnota posunutí sestavy pravé strany	76
Obr. 53. Průběh a hodnota napětí sestavy levé strany	76
Obr. 54. Průběh a hodnota posunutí sestavy levé strany	77

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Mechanické vlastnosti plastů.....	45
Tab. 2. Přehled procesních podmínek.....	53
Tab. 3. Varianty volených procesních podmínek a výsledky velikosti uzavíracích sil.....	57
Tab. 4. Základní průměr kanálu – d.....	65
Tab. 5. Korekční faktor vlastností plastů - m_k	65
Tab. 6. Korekční faktor délky kanálu – p.....	65
Tab. 7. Korekční faktor plnění polymerů – g.....	66
Tab. 8. Hodnoty potřebné pro výpočet a výsledky působící síly.....	70
Tab. 9. Hodnoty potřebné pro výpočet a výsledky působící síly.....	74

SEZNAM PŘÍLOH

- P I Výkres vstřikovací formy pro výstřik nosné části
- P II Výkres vstřikovací formy pro výstřik rukojeti
- P III Výkres designu nosné části
- P IV Výkres designu rukojeti
- P V Výkres designu područky kancelářské židle
- P VI CD obsahující:
- textovou dokumentaci
 - modely područky kancelářské židle
 - vstřikovací formy nosné části a rukojeti
 - výsledky mechanické analýzy
 - výsledky technologické analýzy

