



Konstrukce vstřikovací formy pro vybraný plastový díl

Diplomová práce

Studijní program: N2301 – Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T048 – Strojírenská technologie a materiály
Autor práce: **Bc. Miroslav Bárta**
Vedoucí práce: prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Miroslav Bárta**
Osobní číslo: **S14000343**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Strojírenská technologie a materiály**
Název tématu: **Konstrukce vstřikovací formy pro vybraný plastový díl**
Zadávací katedra: **Katedra strojírenské technologie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Rešerše stávajícího stavu ve firmě Grupo Antolin Turnov.
2. Konstrukce plastového dílu pro návrh vstřikovací formy.
3. Simulace procesu vstřikování.
4. Konstrukce vstřikovací formy na základě bodů 2 a 3.
5. Zkouška nástroje, provozní testování.
6. Diskuse výsledků a závěr.

Rozsah grafických prací: grafy, tabulky, obrázky
Rozsah pracovní zprávy: cca 50 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

- [1] SOVA, M. *Termoplasty v praxi*. Praha: Verlag Dashofer s.r.o., 2001. ISBN 80-86229-15-7.
[2] ŠAFAŘÍK M. *Nástroje pro tváření kovů a plastů I. /skripta / VŠST Liberec, 1987.*
[3] STOECKHERT, K. *Mold-Making Handbook*, Carl Hanser Verlag, 1998.
[4] GASTROW, H. *Injection Moulds, 130 Proven design*, Hanser, 2002.

Vedoucí diplomové práce: prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld
Katedra strojírenské technologie

Datum zadání diplomové práce: 31. října 2015
Termín odevzdání diplomové práce: 31. března 2017


prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld
děkan




Ing. Jaromír Moravec, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 2. listopadu 2015

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

Anotace: Diplomová práce se zabývá konstrukcí vstřikovací formy pro vybraný plastový díl – otevírací přihrádka u spolujezdce v automobilu. Tak aby byla zaručena hladká vyrobiteľnosť plastového dílu, s bezproblémovou funkčnosťou v automobilu během celé životnosti nástroje.

Klíčová slova: Forma, nástroj, plastový díl, dezén, návrh, koncepce, konstrukce, design, mechanická, hydraulická, čelist, vyhazovací systém, tvárník, tvárnice, pevná, pohyblivá, polovina, odformování, změny, simulace.

Annotation: The thesis deals with construction of injection mold for certain plastic part - opening compartment on passenger side in car. In order to guarantee smooth manufacturability of plastic part, with seamless functionality in the car throughout the whole lifetime of tool.

Keywords: Mold, tool, plastic part, grain, draft, concept, construction, design, mechanical, hydraulic, slider, ejection system, core, cavity, fixed, moving, half, demolding, changes, simulations.

Poděkování

Na začátku diplomové práce bych rád touto cestou poděkoval firmě Grupo Antolin, za ochotu a poskytnutí všech potřebných prostředků k vypracování diplomové práce. Dále bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce prof. Dr. Ing. Petrovi Lenfeldovi za poskytnutí odborných rad a pomoc s vypracováním této diplomové práce.

Obsah

1	ÚVOD	9
2	TEORETICKÁ ČÁST	10
2.1	Technologie vstřikování plastů.....	10
2.2	Formy pro zpracování plastů	11
2.2.1	Ocelové materiály pro formy	12
2.2.1	Temperování forem	13
2.2.1	Vtokový systém forem	15
2.2.2	Vyhazovací systém forem	17
2.2.1	Posuvné čelisti forem	19
2.3	Dezény forem	20
2.3.1	Výrobní proces dezénů	21
2.3.2	Stanovení hloubky dezénů	22
2.3.3	Leštění podkladu dezénů	23
2.3.4	Navařování podkladu dezénu.....	23
2.3.5	Vložky, čelisti v podkladu dezénů.....	24
3	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	25
3.1	Materiál plastového dílu a jeho dezén	25
3.2	Návrh vstřikovací formy	29
3.2.1	Klasická koncepce nástroje s vyhazováním integrovaným v čelisti.....	31
3.2.2	Klasická koncepce nástroje se sekundárním vyhazováním	32
3.2.3	Zvolená netradiční koncepce nástroje s použitím šikmého vyhazování.....	34
3.2.4	Čelist v tvárnici poháněná mechanicky s dvojitým otevíráním formy.....	35
3.2.5	Zvolená čelist v tvárnici poháněná hydraulickým zamykacím válcem.. ..	37
3.3	Úpravy designu plastového dílu dle výrobitelnosti a zvolené kinematiky formy	38
3.3.1	Designové změny dle směru šikmého vyhazování.....	38
3.3.2	Designové změny dle hlavního směru odformování.....	39
3.3.3	Designové změny dle odformování čelistí	40

3.3.4	Designové změny dle odformování jader	41
3.3.5	Designové změny dle odformování čelisti v tvárnici	42
3.4	Simulace procesu vstřikování	42
3.4.1	Simulace plnění	44
3.4.2	Simulace chlazení	46
3.4.3	Simulace změny tvaru	49
4	DISKUSE ZÍSKANÝCH VÝSLEDKŮ	52
4.1	Vstřikovací forma	52
4.2	Plastový díl	56
4.3	Parametry procesu vstřikování	60
5	ZÁVĚR.....	64
	LITERATURA.....	66

1 ÚVOD

Mezinárodní firma Grupo Antolin působící na poli automobilového průmyslu se zabývá výrobou interiérových dílů jako stropních nosičů, dveřních výplní a sedačkových systémů.

Pro firemní závody zabývající se technologií vstřikování plastů se zajišťují nástroje od dodavatelů (nástrojáren) po celém světě. Základní dělení nástrojů je na tzv. Alfa a Beta nástroje. Nástroje Alfa charakterizují jednotlivé, případně souhrn následujících rysů: vysoká náročnost po stránce komplexnosti, kinematiky, dlouhé životnosti (velké množství vyráběných dílů), s náročným časovým harmonogramem pro zhotovení formy. Dále jsou to nástroje, do kterých se implementují nové technologie či aplikace. Tyto formy mohou dodávat nástrojárny s adekvátním hodnocením, spolehlivostí a zpravidla jsou to dodavatelé, s kterými je nastavená dlouhodobá spolupráce. Beta formy zahrnují zbytek nástrojů, tzn. jednodušší, méně náročné a tím pádem i levnější formy, které mohou vyrábět i nový dodavatelé.

Nástroj, o kterém pojednává diplomová práce, je určen pro výrobu interiérového plastového dílu – otevírací přihrádka u spolujezdce v automobilu (glovebox swing bin). Forma se nachází v kategorii alfa, kvůli své netradiční konfiguraci, kinematické náročnosti a také proto, že se nachází v úplně novém výrobním portfoliu firmy přístrojových desek.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Technologie vstřikování plastů

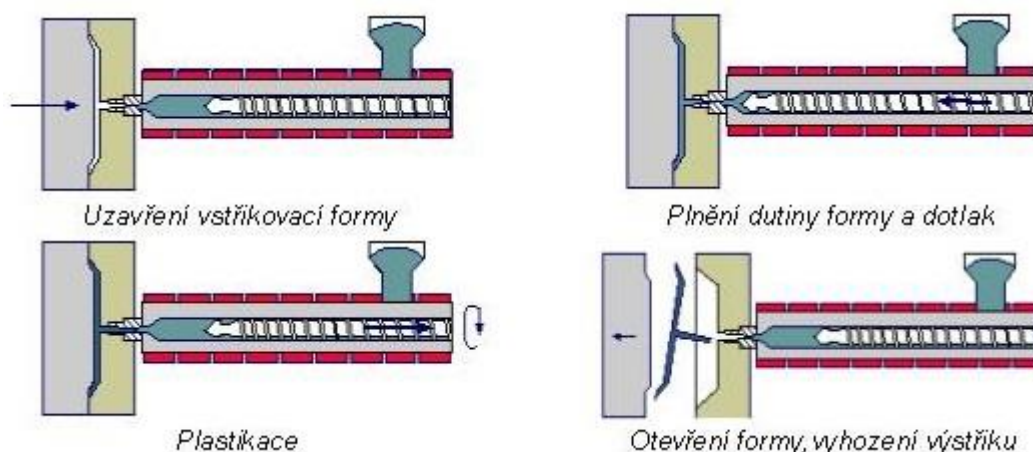
Vstřikování plastů se řadí mezi tvářecí technologie a zároveň je nejrozšířenější technologií na zpracování plastů, je to proces diskontinuální, cyklický. Vstřikováním lze zpracovávat téměř všechny druhy termoplastů. V omezené míře se vstřikují i některé reaktoplasty a kaučuky. Výrobky zhotovené vstřikováním se vyznačují velmi dobrou rozměrovou i tvarovou přesností a vysokou reprodukovatelností mechanických a fyzikálních vlastností [1].

Vstřikování je způsob tváření plastů, při kterém je dávka zpracovávaného materiálu z pomocné tlakové komory vstříknuta velkou rychlostí do uzavřené dutiny kovové formy, kde ztuhne ve finální výrobek. Tlaková komora je součástí vstřikovacího stroje a zásoba vstřikovaného materiálu se v ní stále doplňuje během cyklu. Výhody vstřikování jsou krátký čas cyklu, schopnost vyrábět složité součásti s dobrými tolerancemi rozměrů a velmi dobrou povrchovou úpravou, ale i konstrukční flexibilita, která umožňuje odstranění konečných úprav povrchu a montážních operací. Hlavní nevýhodou v porovnání s ostatními metodami zpracování plastů jsou vysoké investiční náklady, dlouhé doby nutné pro výrobu forem a potřeba používat strojní zařízení, které je neúměrně velké v porovnání s vyráběným dílem [1].

Postup vstřikování je následující: plast v podobě granulí je nasypán do násypky, z níž je odebírán pracovní částí vstřikovacího stroje (šnekem, pístem), která hmotu dopravuje do tavicí komory, kde za současného účinku tření a topení plast taje a vzniká tavenina. Tavenina je následně vstřikována do dutiny formy, kterou zcela zaplní a zaujme její tvar. Následuje tlaková fáze pro snížení smrštění a rozměrových změn. Plast předává formě teplo a ochlazením ztuhne ve finální výrobek. Potom se forma otevře a výrobek je vyhozen a celý cyklus se opakuje (Obr. 2.1) [1].

Na počátku vstřikovacího cyklu je dutina formy prázdná a forma je otevřená. Po dotlaku začíná plastikace nové dávky plastu. Šnek se začne otáčet, pod násypkou nabírá granulovanou hmotu, plastifikuje ji a vtlačuje do

prostoru před čelem šneku. Současně ustupuje dozadu, přičemž musí překonávat tzv. protitlak neboli zpětný tlak. Výška protitlaku ovlivňuje dobu plastikace a tím i kvalitu prohnětení roztaveného plastu. Příliš vysoký protitlak by však mohl způsobit až degradaci plastu. Ohřev plastu během plastikace se děje jednak převodem tepla ze stěn válce, jednak frikčním teplem, které vzniká třením plastu o stěny komory a o povrch šneku a dále přeměnou hnětací práce šneku v teplo. Během pokračujícího chlazení tlak ve formě dále klesá až na hodnotu zbytkového tlaku, což je tlak, pod nímž se hmota nachází ve formě těsně před jejím otevřením. Příliš vysoký zbytkový tlak je příčinou vysokých vnitřních pnutí ve výstřících, které u křehkých hmot mohou způsobovat až samovolné praskání výstřiku. Zbytkový tlak lze snížit buď zkrácením doby dotlaku anebo programovaným průběhem tlaku během dotlaku. Po dokonalém zchlazení výstřiku se forma otevře a výstřik se vyhodí z formy [1].

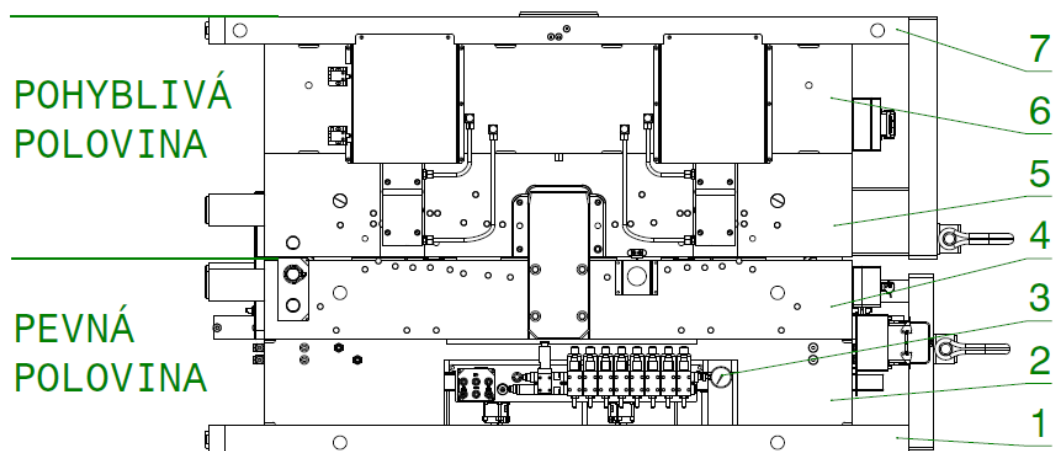


Obr. 2.1: Vstřikovací cyklus [1]

2.2 Formy pro zpracování plastů

Formy pro zpracování plastů (Obr. 2.2) musí odolávat vysokým tlakům, musí poskytovat výrobky o přesných rozměrech, musí umožnit snadné vyjmutí výrobku a musí pracovat automaticky po celou dobu své životnosti, která je zpravidla v automobilovém průmyslu v průměru okolo 6 let. Jejich konstrukce a výroba je náročná na odborné znalosti, ale i na finanční náklady. Dalším důležitým úkolem při konstrukci forem je stanovení rozměrů a výrobních

tolerancí tvarových částí. Pro určení a výpočet těchto rozměrů jsou rozhodující smrštění, tolerance jednotlivých rozměrů vylisku a opotřebení činných částí nástroje. Nejdůležitější je však smrštění zpracovávaného dílu. Vstřikovací forma se skládá z dílů, vymežujících tvarovou dutinu formy, z chladicího (temperačního) systému, z vtokového systému, z vyhazovacího systému a z upínacích a vodicích elementů. Jednotlivé části vstřikovacích forem lze rozdělit do dvou skupin na části konstrukční a na části funkční. Konstrukční části zabezpečují správnou činnost nástroje a funkční části se stýkají s tvářeným materiálem a udělují mu požadovaný tvar [1].



Obr. 2.2: Forma pro zpracování plastů [2]

- 1-Upínací deska pevné poloviny formy, 2-Deska horkého rozvodu plastu, 3-Horký rozvaděč plastu, 4-Deska tvárnic, 5-Deska tvárníků, 6-Nosné rozpěrky vyhazování, 7-Upínací deska pohyblivé poloviny formy

2.2.1 Ocelové materiály pro formy

Volba materiálu formy závisí na druhu zpracovávaného plastu, na použité technologii, na velikosti výrobku a jeho složitosti, na velikosti série, na tepelné odolnosti a odolnosti proti opotřebení a korozi, na ceně, apod. Důležitým faktorem životnosti formy je provedené tepelné zpracování na tvarových částech nástroje [1].

Volba materiálu formy a jeho tepelné zpracování hrají ústřední roli s ohledem na pozdější výsledek dezénování. Pouze oceli schválené (doporučené) pro dezénování mohou být použity. Vysoký faktor čistoty oceli hlavně pokud jde o oxidy, sulfidy, homogenitu a jemnou mikrostrukturu vedou

k dobrým výsledkům leptání. Pokud má být dezén na více částech formy, musejí být vyrobeny ze stejného materiálu se stejným tepelným zpracováním, tím se snižuje riziko nehomogenního zjevu - odchylky stupně lesku a / nebo hloubky dezénu. Obvykle je doporučováno nejdříve leptat zkušební destičku tzv. Master plate. Materiály vhodné pro dezénování: [3]

ES Aktuell 1000 (1.2738 kalená 30-34HRC / HH 34-38HRC - kvalita EST doporučeno). Před-kalená a popuštěná ocel, homogenní tvrdost v celém průřezu, dobrá leštitelnost, dobře obrobitelná, nitridovatelná, vhodná pro chromování, svařitelná na normy s využitím všech svařovacích procesů [3].

ES 245 W (1.2344 kalená 48-52HRC - kvalita EST doporučeno). CrMoV legovaná ocel pro práci za tepla s vynikající pevností při vysokých teplotách a dobrou houževnatostí, dobrá odolnost proti opotřebení za vysokých teplot, vysoká odolnost proti tepelným šokům, velmi dobrá čistota oceli a vynikající homogenita, nitridovatelná [3].

ES Aktuell (1.2311 kalená a popuštěná - kvalita EST doporučeno)

ES Antikor (1.2316 kalená a popuštěná - kvalita EST doporučeno)

ES 235 W (1.2343 žíhaná - kvalita EST doporučeno)

ES Maximální 500 (1.2343 ESR žíhaná)

ES 245 W ESU (1.2344 ESR žíhaná)

ES Aktuell 1.200 (speciální slitina - dodávka obecně v kvalitě EST)

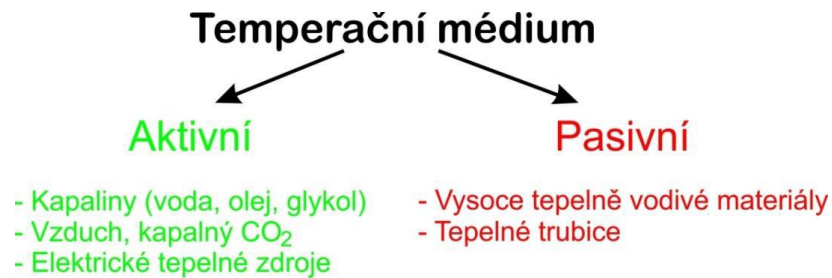
ES 275 K (1.2767 žíhaná - kvalita EST doporučeno)

ES 275 K ESU (1.2767 ESR žíhaná) [3]

2.2.1 Temperování forem

Temperování vstřikovací formy má velký vliv na dobu vstřikovacího cyklu, kvalitu povrchu výstřiku, deformace a rozložení vnitřního napětí ve výstřiku, morfologii výstřiku a smrštění. Sestava formy je v podstatě výměník tepla, jehož úkolem je předat teplo plastové směsi. Z pohledu teorie sdílení tepla probíhají ve vstřikovací formě a jejím okolí všechny typy sdílení tepla – vedení, proudění, sálání. Je vhodné, aby velikost formy vůči velikosti kavit byla výrazně větší. Poté vstřikovací forma pracuje i jako tepelný akumulátor. Výhody této vlastnosti se uplatňují při krátkodobé odstávce při vstřikování a

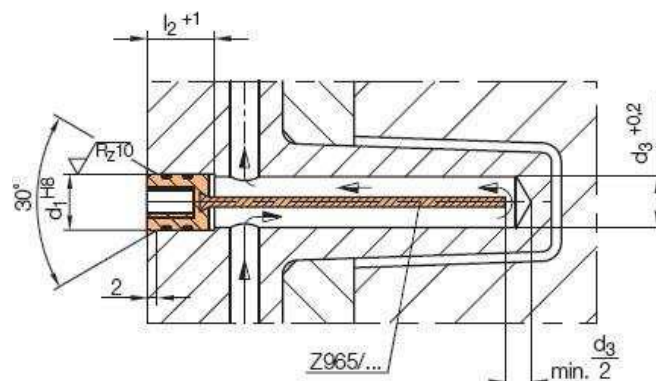
zároveň teplotu lze snadněji regulovat. Rozdělení temperačních systémů vstřikovacích forem je možné dle typu temperačního média (Obr. 2.3) [9].



Obr. 2.3: Temperační média [9]

Způsoby chlazení nepřístupných míst a jader. Tvarová místa vstřikovacích forem, která ve výstřiku vytvářejí dutiny, nebo průchozí otvory, jsou nejvíce tepelně namáhanými částmi. Je proto nutné, aby jejich chlazení bylo dostatečně intenzivní. V takových částech však nelze vytvořit klasické chladicí kanálky pro průtok chladícího média. V praxi se proto využívá několika způsobů, jak tyto místa ochlazovat [10].

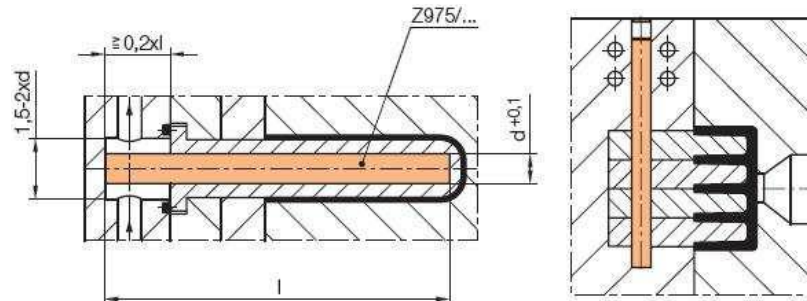
Temperační kanál s přepážkou. Do jádra je vyvrtán kanál, který je kolmo napojen na přívodní a odvodní kanálek. Do něj je umístěna přepážka, která usměrňuje proud chladícího média směrem do jádra, jak je vidět na (Obr. 2.4). Tento způsob je poměrně jednoduchý a levný, není však vhodný pro dlouhá a tenká jádra, kdy by teplotní rozdíl na jedné a druhé straně přepážky, způsobil jeho deformaci [10].



Obr. 2.4: Uspořádání temperačního kanálu s přepážkou Hasco [8]

Temperace vložkami s vysokou tepelnou vodivostí (Obr. 2.5). V případě nutnosti temperace drobných částí forem, do kterých není možné vzhledem

k jejich rozměrům vrtat temperační kanálky, používají se vložky z tepelně vodivých materiálů. Tyto vložky na jednom konci obtéká chladicí médium. Vložka tak odvádí teplo z tvarové části [10].



Obr. 2.5: Příklad vložkování vysoce tepelně vodivým materiálem Hasco [8]

2.2.1 Vtokový systém forem

Vtokové ústí se umísťuje do nejlustšího místa výstřiku, aby docházelo k zaručenému zaplnění dutiny, do geometrického středu výstřiku, po směru toku materiálu v žebrech, mimo místa kde se nachází na součásti zvýšené namáhání proti stěně, aby nedocházelo k volnému toku tzv. jettingu s ohledem na bezpečné odvzdušnění dutiny [11].

Vtokový systém formy zajišťuje při vstřiku vedení proudu roztaveného plastu od vstřikovacího stroje do tvářecí dutiny formy. Tvar a rozměry vtoku spolu s umístěním jejího ústí ovlivňují rozměry, vzhled i vlastnosti výstřiku, spotřebu materiálu a plastu, náročnost opracování na začištění výstřiku, energetickou náročnost výroby. Vtokové systémy se dělí na studené vtokové systémy a horké vtokové systémy [6].

Horký vtokový systém. Snaha po úsporách plastu i práce vedla k metodě vstřikování bez vtokového zbytku. Realizuje se za pomoci vyhřívaných vtokových soustav (VVS) (Obr. 2.6). Od forem z 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. Výhody vyhřívaných vtokových soustav jsou následující. Umožnění automatizace výroby, zkracuje výrobní cyklus, snižuje spotřebu plastu – vstřikuje se bez vtokových zbytků, snižuje náklady na dokončovací

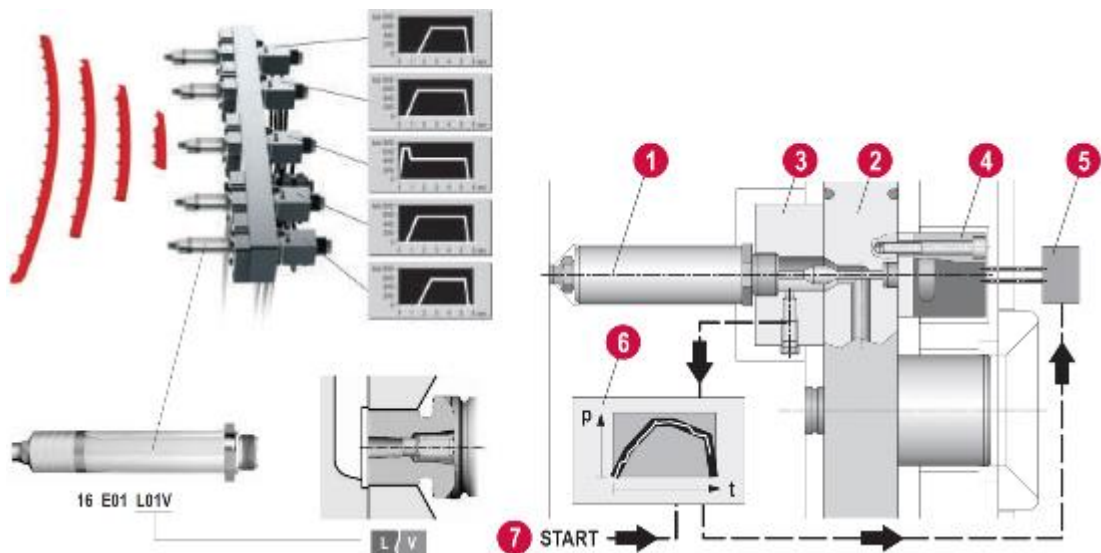
práce s odstraňováním vtokových zbytků, odpadá manipulace a regenerace zbytků vtoků a problémy při jejich zpracování [6].

Technologie vstřikování s použitím VVS spočívá v tom, že tavenina po naplnění formy zůstává v celé oblasti až do ústí formy v plastickém stavu. To umožňuje použít jen bodové vyústění malého průřezu. V místě vtoku je vhodné vytvořit čochovité zahloubení, aby nevystupoval vtokový zbytek. Součástí vtokového systému jsou snímače teploty. Nevýhody vyhřívaných vtokových systémů jsou následující. Konstrukční provedení forem je náročnější, je nutno zajistit regulátory a snímače teploty, jsou energeticky náročnější než studené vtokové soustavy. Ekonomickou výhodnost forem pro bezodpadové vstřikování je třeba posuzovat z hlediska celého výrobního procesu [6].

Vyhřívané trysky. Jejich konstrukce umožňuje propojení vstřikovacího stroje s dutinou vstřikovací formy a dokonalou tepelnou stabilizaci. Výrazně umožňuje zlepšit technologické podmínky vstřikování. Takové vyhřívané vtokové soustavy jsou náročné na výrobu a díky tomu si je uživatel nakupuje u specializovaných firem. Ty je vyrábí v širokém konstrukčním sortimentu. Základní konstrukční charakteristika přímo vyhřívaných trysek. Trysky s vnějším topením, kde tavenina proudí vnitřním otvorem tělesa trysky a po jejím obvodu je topný pás, trysky s vnitřním topením, kde tavenina obtéká vnitřní vyhřívací vložku (torpédo). Oba typy trysek jsou konstrukčně upraveny tak, že ústí je. Otevřené pro plast, který netáhne vlas. Se špičkou (s hrotem) pro plast, který je náchylný k tažení vlasu. S uzavírací jehlou. Speciálně tvarované [6].

Horký rozvodný blok slouží k rozvodu taveniny do tvarových dutin vícenásobných forem. Má velký vliv na tokové chování polymerní taveniny a její rozdělení v jednotlivých tvarových dutinách. Rozváděcí blok je ocelový. Je uložen mezi upínací a tvarovou desku formy. Jeho tvar je konstrukčně přizpůsoben potřebné poloze rozváděcích kanálů směrem k vyústění i k uložení trysek. Vyrábí se ve tvaru I, H, X, Y, hvězdice apod. Musí být tepelně izolován od ostatních částí formy, obvykle vzduchovou mezerou. Je nejčastěji vytápěn z venku elektrickým odporovým topením pomocí topných hadů zalitých mědí nebo topnými patronami s vnitřním vytápěním. Otvory kanálů pro proudící taveninu musí být pečlivě provedeny, protože nikde nesmí vzniknout ostré hrany a přechody s mrtvými kouty taveniny. Horký rozvodný blok bývá ve formě upevněn pomocí přítlačných kroužků, ustředěn a zajištěn proti

pootočení přes vstřikovací trysky. Instalovaný výkon ohřevu rozvodného bloku musí být takový, aby se dosáhlo. Rychlého ohřevu. Dostatečné teploty pro optimální tok taveniny v bloku, případně i v trysce. Eliminace tepelných ztrát (vedením, prostupem, vyzařováním). To tím způsobem, že se minimalizuje plocha pro výměnu tepla, izolace bloku a lesklé opracování. Ohřev a změna teploty bloku vzhledem k formě, která má jinou teplotu, vyvolává změny v jeho délkových rozměrech. To může způsobit. Změnu rozměrů bloku a tím přesazení trysky se zmenšením vtokového ústí. Vysoké tlaky ve formě. Deformaci v nástroji. Tyto relativní změny u trysek pevně zakotvených v bloku se musí vhodně kompenzovat. Děje se tak přesazením otvoru pro trysku, zkrácením délky bloku a jinými konstrukčními opatřeními [6].

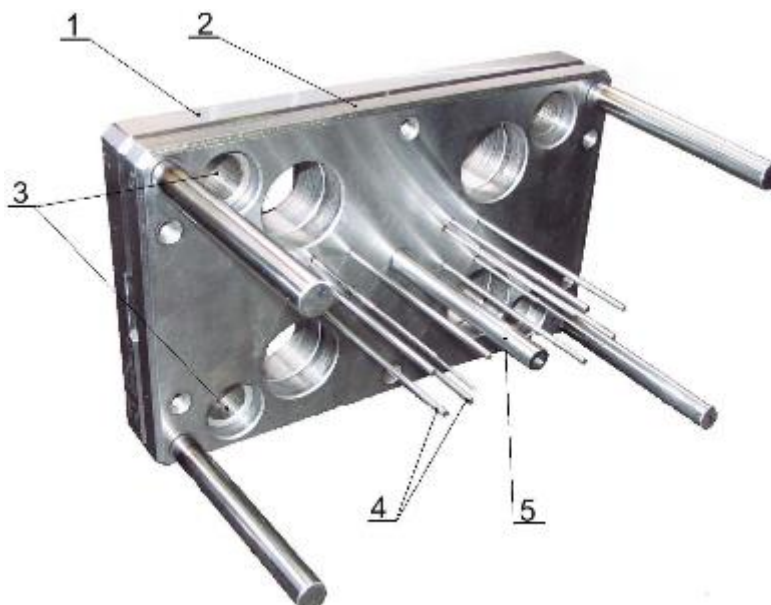


Obr. 2.6: Vyhříváná vtoková soustava firmy Synventive [12]

2.2.2 Vyhazovací systém forem

Výstřiky z termoplastických hmot se při ochlazování smršťují a pevně ulpívají na stěnách tvarových částí vstřikovacích forem. K jejich vyhození a vyhození vtokového zbytku ven z formy slouží vyhazovací systém (Obr. 2.7). Je to soustava vyhazovacích kolíků různého průřezu (i trubkového), nebo to může být i tzv. stírací deska potažmo stírací kroužek (především u výstřiků válcového tvaru). Kromě těchto mechanických způsobů vyhození výstřiku existují i jiné mechanismy vyhazování, jako například pomocí stlačeného vzduchu nebo různých manipulátorů. Pohyb vyhazovačů je odvozen buď od

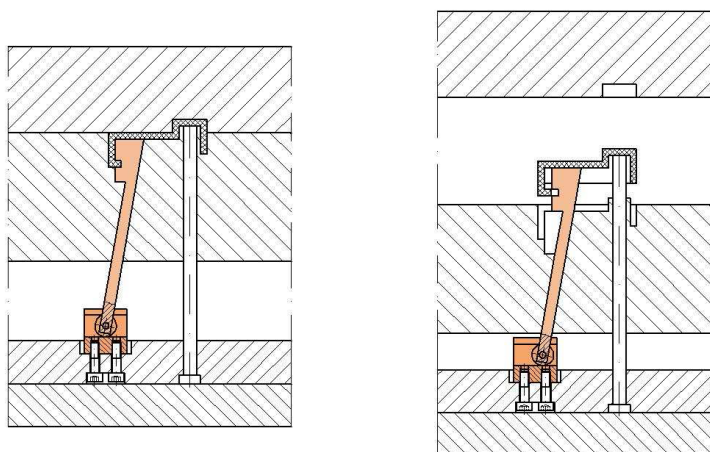
pohybu částí formy, nebo působením pružin, ale ve většině případů od hydraulického vyhazovacího systému vstřikovacího stroje. Vyhazovací síla je vždy počítána s ohledem na smrštění výstřiku, na adhezi plastu k lici formy, na podtlak vznikající při vyhození a na pružných deformacích formy [4].



Obr. 2.7: Vyhazovací systém forem [4]

1 – opěrná deska, 2 – kotevní deska, 3 – vodící pouzdra, 4 – válcové vyhazovače, 5 – trubkový vyhazovač

Vyhazování pomocí šikmých vyhazovačů (Obr. 2.8) je speciální formou vyhazování. Vyhazovací kolíky nejsou kolmé k dělicí rovině, ale jsou uloženy pod různými úhly. Využívají se k vyhazování malých a středně velkých výstřiků s mělkým vnitřním, nebo vnějším zápichem [7].



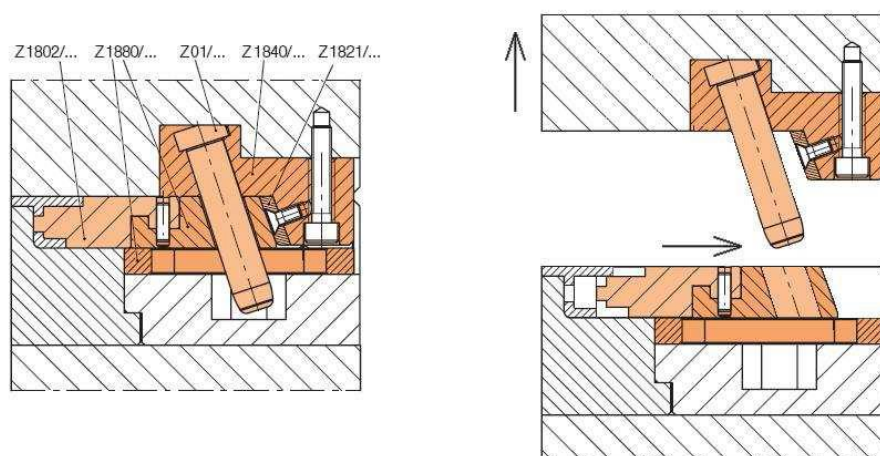
Obr. 2.8: Vyhazování pomocí šikmých vyhazovačů firmy Hasco [8]

Hydraulické vyhazování bývá součástí stroje a používá se především k ovládní mechanických vyhazovačů. Méně časté je zabudování hydraulických jednotek přímo ve formě, které pracují jako vyhazovače. Více se používají k ovládní bočních posuvných čelistí [7].

2.2.1 Posuvné čelisti forem

Boční posuvné čelisti jsou využívány u výstřiků s bočními otvory, výstupky, zahloubeními, které leží kolmo vůči ose formy, nebo k ukotvení jader, jejichž zaformování by jiným způsobem nebylo možné. Čelisti jsou zpravidla ukotveny na pohyblivé části formy. Jejich pohyb je realizován pomocí šikmých nebo lomených kolíků, případně pneumatickými nebo hydraulickými tahači. Šikmé nebo lomené kolíky využívají při své funkci otevíracího a uzavíracího pohybu formy. V uzavřené poloze při vstřikování je třeba čelisti pevně opřít „uzamknou“. Čelist se uzamkne tím, že je opřena svou vnější skosenou částí o opěrnou lištu pevné desky formy. Zajištění otevřené polohy se provádí pomocí pružiny a kolíku nebo dalšími možnými způsoby [7].

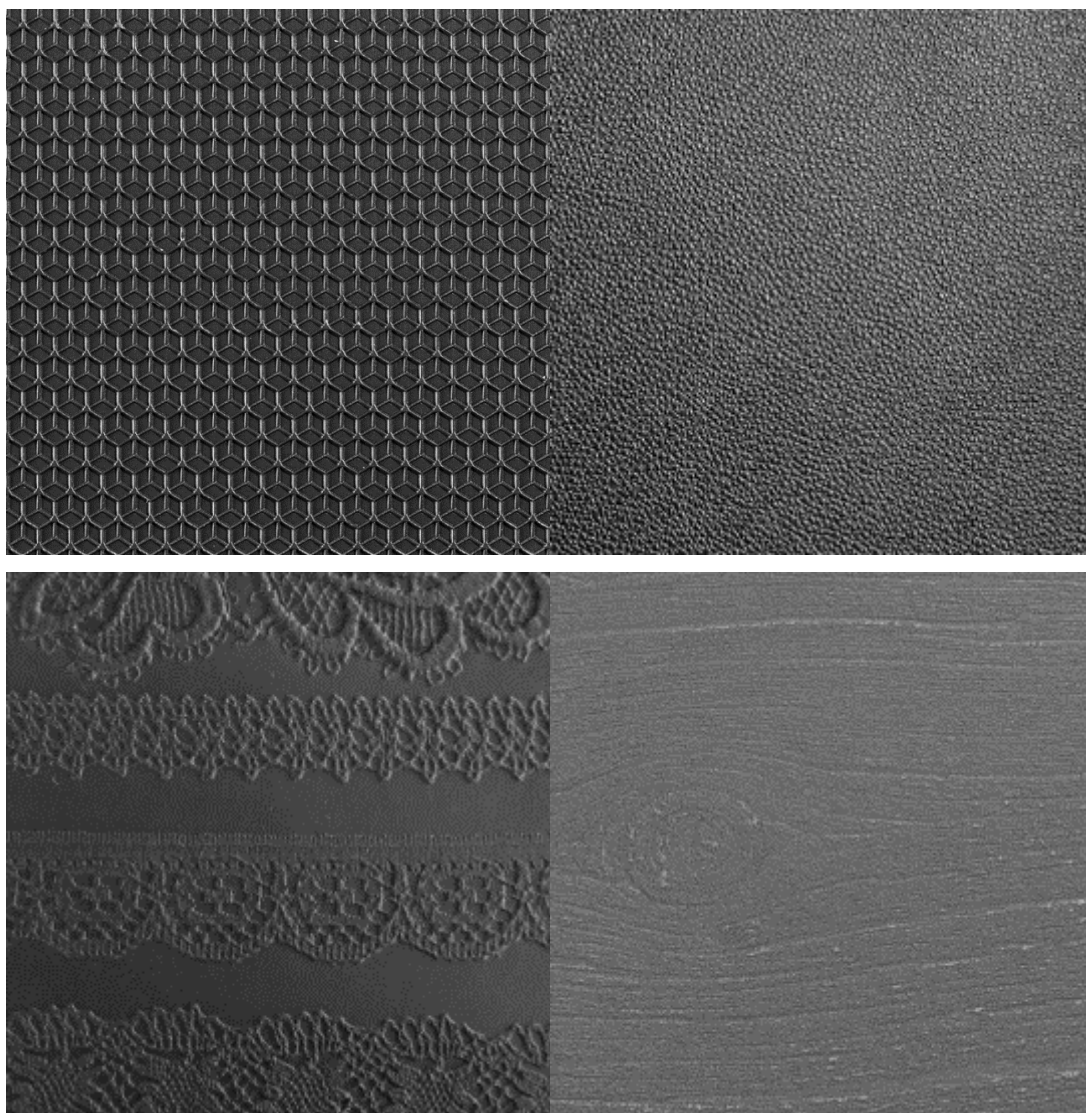
Šikmé kolíky válcové (Obr. 2.9) slouží k vysouvání boční čelisti se současným otevřením formy. Mají nepatrné zpoždění vlivem vůlí v otvoru šikmého kolíku. Vůle bývá 0,2 mm, ale může dosáhnout i hodnoty 3mm. Sklon se pohybuje od 15° do 30°. Šikmé kolíky se používají tam, kde se nevyžaduje žádné nebo malé zpoždění vysouvání čelisti při otevírání hlavní dělicí roviny [7].



Obr. 2.9: Posuvná čelist poháněná šikmým válcovým kolíkem firmy Hasco [8]

2.3 Dezény forem

Dezény jsou povrchové úpravy vstřikovacích forem. Ve vstřikovacích formách se rozdělují principiálně dva typy – technický a pohledový. Technický se používá zpravidla pro zlepšení či umožnění následných zpracovatelských technologií plastového dílu jako nosiče dalších povrchových úprav jako je například kaširování. Pohledový dezén se používá pro zlepšení optických vlastností plastového dílu a tím téměř ve všech oblastech každodenního života, estetické povrchy zvyšují prodejní potenciál mnoha výrobků. První pohled, první dotek a první dojem jsou rozhodující, zda se nám něco líbí a zda se s tím cítíme komfortně. Estetického dezénu (Obr. 2.10) je v dnešní době nepřeberné množství, avšak dal by se rozdělit na základní druhy: geometrický, kožený, textilní, přírodní a matný vzor [3].



Obr. 2.10: Vzory dezénů, shora zleva - geometrický, kožený, textilní, přírodní [13]

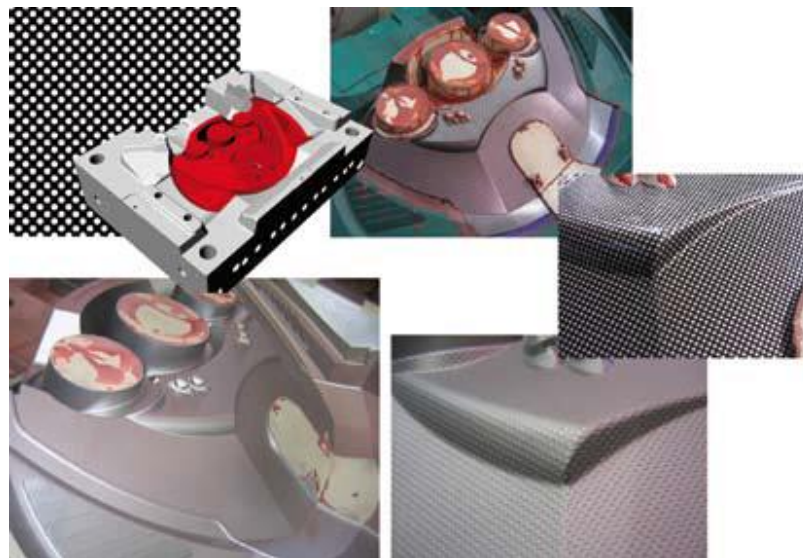
Základní rozdělení dezénů dle výrobního postupu:

- Pískováním
- Erozivním jiskřením
- Leptáním
- Laserem s následným leptáním
- Laserem

2.3.1 Výrobní proces dezénů

Nejpoužívanější výrobní postup je leptáním (Obr. 2.11), kde se postupuje následovně:

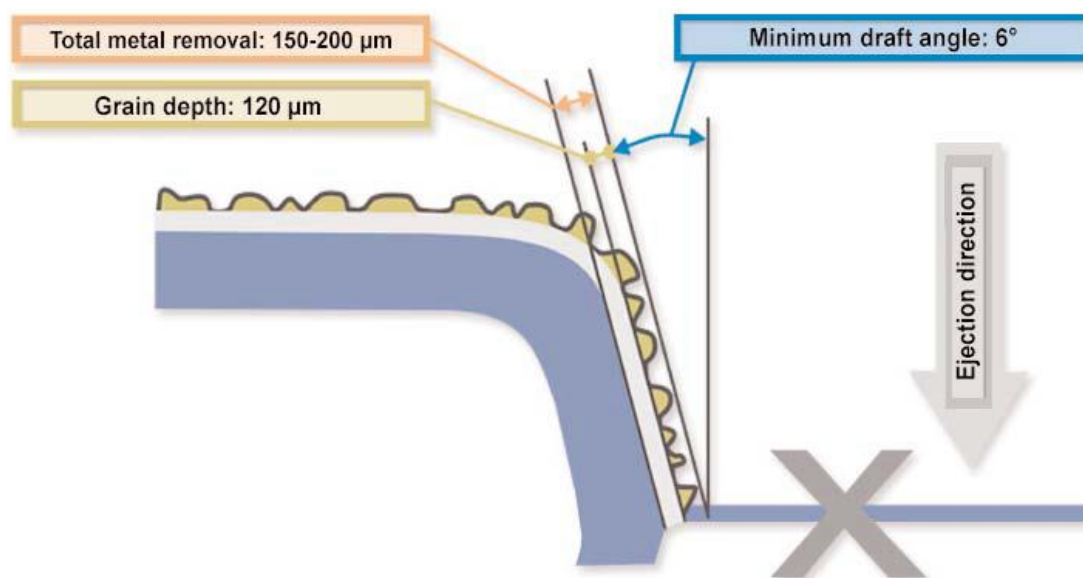
- Důkladné čištění a odmaštění dezénovaných komponentů.
- Vyznačení oblastí k dezénování.
- Maskování – nanesení ochranného nátěru před kyselinou na nedezénované oblasti.
- Test leptání.
- Čištění pískováním.
- Nanášení dezénové předlohy (printu).
- Leptání.
- Kontrola kvality a hloubky dezénu.
- Dokončení dezénování.
- Odstranění maskování.
- Závěrečná kontrola [3]



Obr. 2.11: Výrobní proces dezénů [3]

2.3.2 Stanovení hloubky dezénů

Charakter a hloubka dezénu mají rozhodující vliv na vzhled a design dílů, tím pádem i na jeho nástroj. Aby se předešlo obtížím při odformování jako zůstávání dílů na tvárníku, poškrábání nebo jiné poškození, především v kritických oblastech nástroje s nízkým odformovacím úhlem (Obr. 2.12). Platí následující přibližné pravidlo: Pro každý 1° je max. hloubka 0,02 mm dezénu, které lze odformovat. Charakteristiky plastů (např. Vyztužující skelná vlákna, talek a mnoho dalších); smrštění materiálu, tloušťka stěn a konstrukce nástroje (např. chlazení, vtoky, čelisti a mnoho dalšího) a výrobní parametry vstřikování, můžou ovlivnit tuto hodnotu. Pokud je nezbytná redukce hloubky dezénu v některých oblastech kvůli designu dílu a/ nebo konstrukci nástroje, musí být dohodnut postup s koncovým uživatelem a musí být odpovídajícím způsobem označen díl. Redukce na 60-70% hloubky dezénu je již poměrně viditelná pouhým okem. Úběr kovu během leptání zvyšuje tloušťku stěny plastového dílu a to nejen o hloubku dezénu! Pokud je nezbytné dodržení rozměrové přesnosti dílu, je potřebný vhodný přídavek pro kompenzaci úplného úběru kovu [3].



Obr. 2.12: Stanovení hloubky dezénu [3]

2.3.3 Leštění podkladu dezénů

Oblasti určené k dezénování, musí mít určitou kvalitu povrchu (určitý stupeň vyleštění) v závislosti na designu a hloubce dezénu. Obecně platí, že vyleštěný povrch nesmí být poškrábaný (žádné vruby, rýhy), stopy po erozivním jiskření, frézování a forma musí být perfektně slícovaná, ještě před procesem dezénování, poté jsou následné vady neopravitelné, a nebo velmi obtížně. Pro měřicí, zkušební a dokumentační účely se požaduje testovací vyleštěná plocha o velikosti 50x50mm v technické oblasti formy. Následující doporučení mohou být považovány za minimální požadavek pro leštění: [3]

Jemné struktury s hloubkou dezénu až do 0,025 mm brusné tkaniny s jemností 400 zrn [3].

Prominentní struktury s hloubkou dezénu až do 0,140 mm brusné tkaniny s jemností 320 zrn [3].

Hrubé struktury s hloubkou dezénu > 0,140 milimetry brusné tkaniny s jemností 240 zrn [3].

2.3.4 Navařování podkladu dezénu

Sváření musí být provedeno zkušeným specialistou, aby byla zaručena kvalita svarů s dosažením homogenní stejné struktury, složení, tvrdosti a stálosti jako základního materiálu. Metoda svařování, svařovací materiál a nezbytné tepelné zpracování, musí být zvoleno odpovídajícím způsobem s ohledem na pozdější dezénovací schopnosti. Často se vyskytující problémy ve svařovaných oblastech: [3]

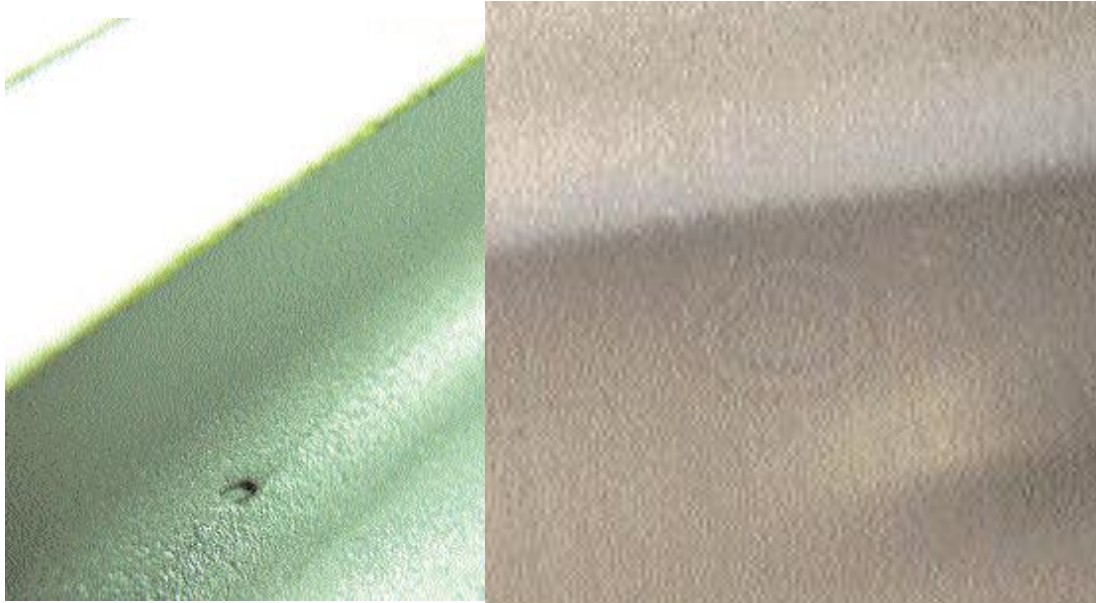
Svařovaný materiál není možné leptat – nelze dezénovat.

Svařovaný materiál se leptá špatně – vyskytují se odchylky hloubky dezénu od okolí.

Rozdílná tvrdost přechodové oblasti mezi svarem a základním materiálem – způsobuje odlišnost v lesku a hloubce dezénu (Obr. 2.13).

Svařovaný materiál má praskliny a porézní místa (Obr. 2.13).

Dokonce i v případě, že sváření bylo provedeno odborně, nelze úplně vyloučit odchylku v úrovni lesku a drsnosti na konečném plastovém dílu. Schopnost dezénování navařeného materiálu, může být relativně snadno vyzkoušena leptacím testem [3].



Obr. 2.13: Optické vady dezénu po špatném navařování – vlevo porezita, vpravo rozdílná tvrdost [3]

2.3.5 Vložky, čelisti v podkladu dezénů

Uvolněné součásti nástrojů, jako jsou vložky, čelisti musí být připravené pro spojení šrouby a centrovacími elementy aby se mohli dezénovat společně pro dosažení perfektního napojení vzoru dezénu. Pro zajištění dokonalého vyčištění jednotlivých částí, musí být rozebíratelné, zajištěné proti pootočení a označené jasnou identifikací polohy. Po vyčištění částí je na komponenty nanesen ochranný nátěr proti zatečení kyseliny dusičné mezi jednotlivé částí, aby se zabránilo poškození kyselinou v oblastech dělicích hran, které jsou "správně přilepeny" do formy [3].

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Diplomová práce se zabývá a skládá z těchto fází s následující posloupností:

Vývojová fáze, kde se utváří design plastového dílu s ohledem na jeho funkčnost a vyrobiteľnosť. Stanovuje se zde smršťění plastu, návrhy konstrukce formy, simulace procesu vstřikování. Dále se detailně probírá konstrukce nástroje pro určený sériový vstřikovací stroj s následným uvolněním výroby formy.

V průběhu výrobní fáze nástroje se řeší vyvstávající designové změny plastového dílu a konstrukční záležitosti formy. Na konci výrobní fáze se zkouší kompletní funkčnost nástroje s případnými korekcemi prvotních závad, jak plastového výrobku, tak i formy samotné. Porovnávají se parametry ze simulací se skutečnými hodnotami a kontrolují se rozměry výrobků i formy.

V industriální fázi se zkouší forma na sériovém vstřikovacím stroji v automatickém výrobním cyklu s odebráním plastových dílů z nástroje chapadlem robota. Mohou probíhat případné korekce závad, dále dezénování pohledových ploch výrobku. Poté už následuje předání formy do sériové výroby závodu.

Stanovení smršťění plastového materiálu, simulace procesu vstřikování jsou vyhotoveny interně. Vstřikovací forma je konstruována v kooperaci s dodavatelem nástroje.

3.1 Materiál plastového dílu a jeho dezén

Plastový materiál je použit PP EPDM TD20 s referenčním označením Adx-5017 od výrobce Adadvanced Composites s vlastnostmi dle (Tab. 3.1). Tento materiál je úplně nový pro firmu a proto se musí stanovit jeho smršťění. Smršťění se stanovuje jednak na základě zkušeností s podobnými materiály. Dále se materiál vstřikuje do vybrané sériové formy s podobnou tloušťkou plastového dílu ve třech provedeních vstřikovacích parametrů. Díly ze všech vstřikovacích parametrů se měří, průměrují a výsledky smršťění se porovnávají se smršťěním podobných plastových materiálů. Výstupem je smršťění tohoto plastového materiálu pro tento plastový díl 0,95%.

Tab. 3.1: Vlastnosti plastového materiálu PP EPDM TD20 s referenčním označením Adx-5017 od výrobce Adadvanced Composites [14]



Advanced Composites, Inc.
1062 Fourth Avenue Sidney, Ohio 45365 Phone: (937) 492-9187 Fax: (937) 498-4837

ADX-5017

Talc-filled, Impact-modified, Scratch Resistant TPO

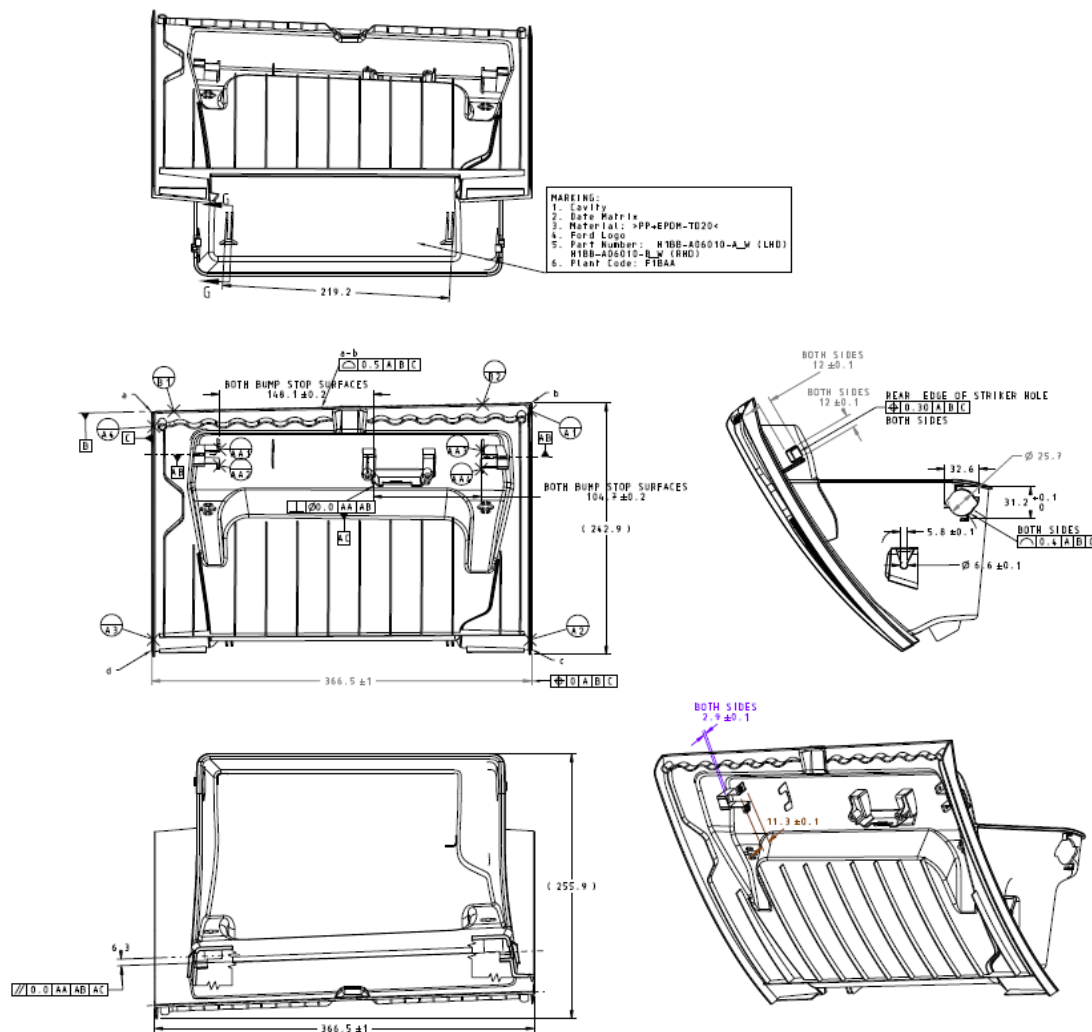
Physical Properties ¹	Test Method	Unit	Typical Value
Melt Flow Index	ISO1133	g/10min	28.2
Specific Gravity	ISO1183	-	1.035
Tensile Yield Strength	ISO527	MPa	22
Flexural Modulus	ISO178	MPa	2016
Notched Izod Impact 23°C -40°C	ISO180-A	kJ/m ² kJ/m ²	30 6
Hardness, Durometer D	ISO868	D-Scale	61
Heat Deflection Temp. 0.45 MPa	ISO75	°C	118
Scratch Resistance	FLTM BN108-13	N	>15
Instrumented Impact	ASTM D3763	J # Ductile	>37.2 30/30

¹Typical data values are based on Advanced Composites, Inc. laboratory results and may not necessarily reflect performance in actual parts.

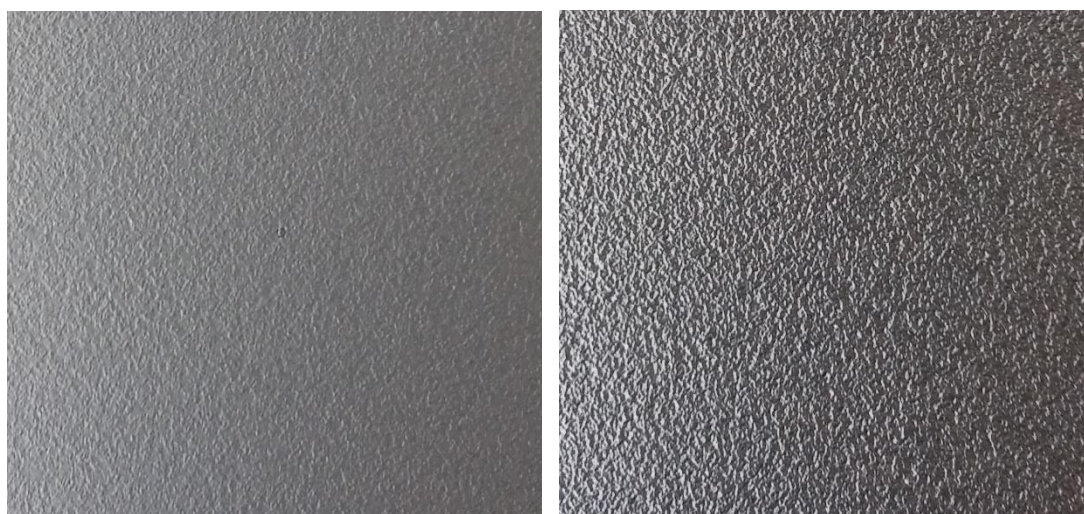
²Instrumented Impact performed at 6.7 m/s and -0°C.

Design plastového dílu (Obr. 3.14) – otevírací přihrádka u spolujezdce v automobilu je v tomto případě konstruován ve spolupráci se zákazníkem. Jedná se o pohledový díl, tudíž jeho povrch bude opatřen estetickým povrchem – dezénem typu Stipple 2 a Stipple 4 od firmy Krüth (Obr. 3.15). Tyto estetické povrchy pokrývají celý vnitřek dílu (Obr. 3.16), který je viditelný zejména po otevření přihrádky. Plastový díl je součástí sestavy dalších

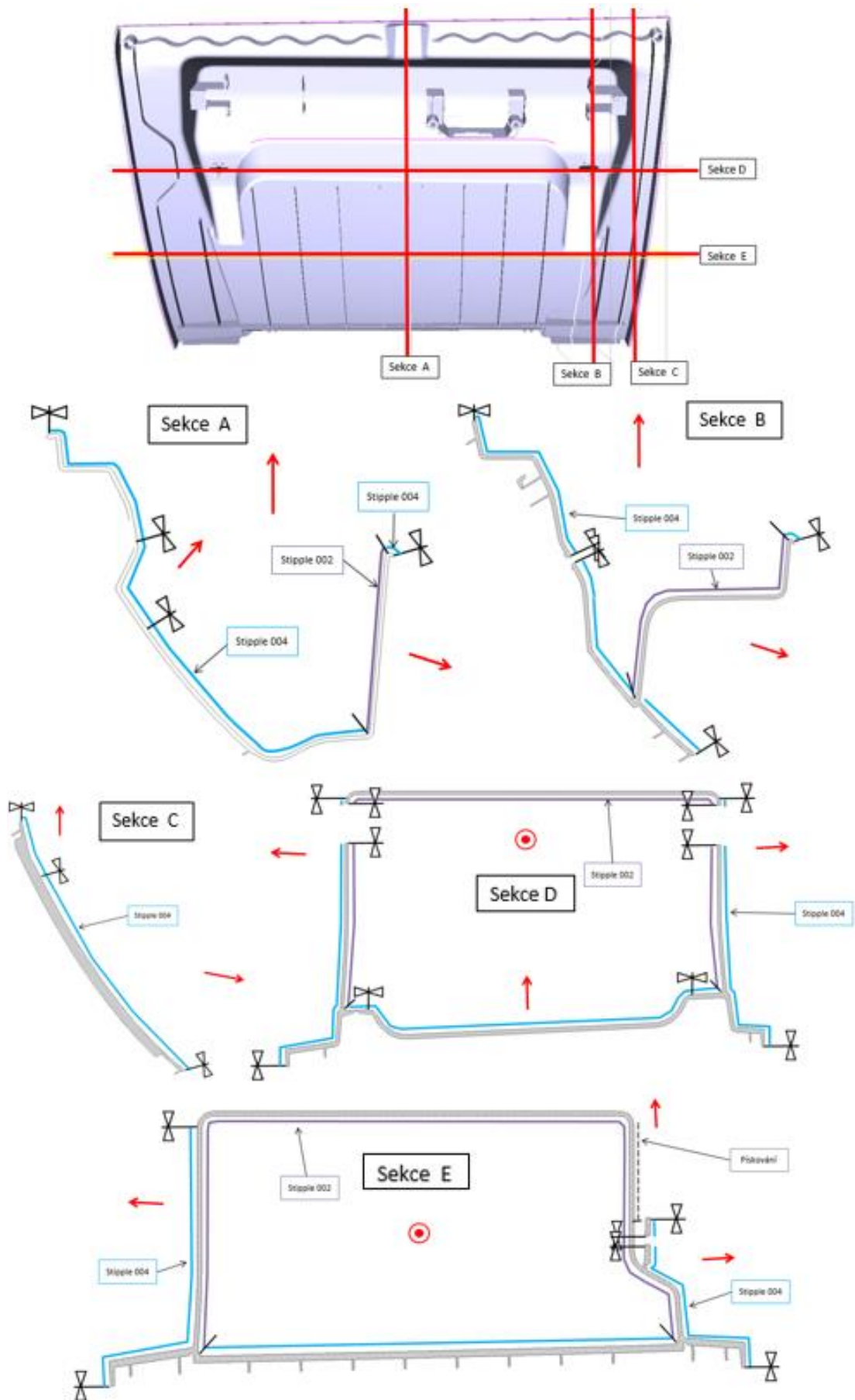
plastových i neplastových komponentů, které se v následných procesech montují a svářejí dohromady ve výsledný výrobek dodávaný zákazníkovi k finální montáži do automobilu.



Obr. 3.14: Výkres plastového dílu



Obr. 3.15: Dezén Stipple 2 vlevo a Stipple 4 vpravo od firmy Krüth [16]



Obr. 3.16: Specifikace dezénu plastového dílu

3.2 Návrh vstříkovací formy

Zpracovávaný plastový materiál formou je PP EPDM TD20 s referenčním označením Adx-5017 od výrobce Adavances Composites. Z toho vyplývá použití nástrojové oceli dle značení DIN 1.2738 pro součásti formy, které přicházejí do styku se zpracovávaným materiálem. Tzn. pro tvárnici, tvárník, čelisti a jádra. Tato ocel je vhodná jednak, protože vyhovují její mechanické vlastnosti při zpracovávání daného plastu. Dále se jedná o pohledový díl, tudíž bude dezénovaný, kde v tomto ohledu je DIN 1.2738 etalonová ocel pro tyto účely. Čelisti a jádra musejí být nitridovány pro snížení tření ve vodících a styčných plochách. Naopak jejich tvarové plochy musejí být zamaskovány, aby se zamezilo nitridovanému povrchu z důvodu následné aplikace dezénu. Komponenty formy jako jsou desky upínací, vyhazovací, rozpěrné, podpěrné atd. jsou zhotoveny z nástrojové oceli DIN 1.1730. Centrovací a tlakové příložky jsou kaleny na 50HRC. Vodící podlážky a lišty jsou vyrobeny z bronzy. Hydraulické systémy – válce jsou nakupované díly od firem HPS a Cytec. Vyhřívaná vtoková soustava plastu je dodána firmou HRS. Ostatní komponenty formy, jako jsou šrouby, čepy, vyhazovače, vodící sloupky, pouzdra atd. jsou nakupovány, jako normálie od firem DME, Hasco, Strack, Rabourdin a Meusburger.

Dle kalkulací určený sériový vstříkovací stroj pro nástroj je od výrobce Haitian, série Saturn s modelovým označením SA10000 (Tab. 3.2). Upínání forem na tento lis je přes magnetické desky. Nejdůležitější hodnoty tohoto stroje pro návrh vstříkovací formy jsou následující. Uzavírací síla 1000tun. Vzdálenost mezi vodícími sloupy, horizontální 1 160mm, vertikální 1 160mm. Rozměry upínací desky, horizontální 1 650mm, vertikální 1 690mm. Je potřeba odečíst 55mm za každou upínací magnetickou desku stroje na pevné a pohyblivé straně od možné vestavné výšky stroje, které dávají výslednou vestavnou výšku formy od 390mm do 1 050mm. Počet maximálně možných temperačních okruhů je 9 a hydraulických okruhů jsou 3 na každé straně lisu (pevné i pohyblivé).

Další požadavky na formu dle kalkulací jsou. Minimální životnost nástroje 6 let, během níž vyrobit bez problémů minimálně 1 500 000 zdvihů při

jedno otiskové konfiguraci. Cíl celkového výrobního času jednoho plastového dílu je 50s, včetně odebírání dílu chapadlem robota z formy.

Design plastového dílu se vybízí k několika koncepcím formy, které značně ovlivňují kinematické uspořádání a finální rozměry nástroje.

Tab. 3.2: Vstřikovací stroj od výrobce Haitian, série Saturn s modelovým označením SA10000 [15]

Specification

CLAMPING UNIT

Clamping force kN 10000

Mold opening stroke mm 1220

Distance between tie bars (h x v) mm 1160 x 1160

Max. mold height mm 1160

Min. mold height mm 500

Ejector stroke mm 320

Ejector force kN 215

INJECTION UNIT

Screw diameter mm 90 100 110 120 100 110 120 130 110 120 130 140

Screw L/D ratio 24.4 22 20 18.3 24.2 22 20.2 18.6 26.2 24 22.2 20.6

Shot size (theoretical) cm³ 2990 3691 4467 5316 4006 4847 5768 6769 5227 6220 7300 8467

Injection weight (PS) g 2721 3359 4065 4838 3645 4411 5249 6160 4757 5660 6643 7705

Injection rate (PS) g/s 628 776 939 1117 752 910 1083 1271 806 959 1126 1306

Plasticizing capacity (PS) g/s 86 103 125 146 97 117 137 157 104 122 139 151

Injection pressure bar 2280 1840 1520 1280 2100 1740 1460 1250 2000 1680 1430 1230

Max. screw speed rpm 124 124 124 124 112 112 112 112 98 98 98 98

Power motor pump kW 37 + 37 37 + 55 55 + 55

Heating power kW 61.15 74.35 85.55

Total power kW 135.25 166.35 195.55

Max. pump pressure bar 160

Machine dimensions (l x w x h) m 12.3 x 2.72 x 2.75

Machine weight t 51

Oil tank capacity ltr. 1660

SA10000

Platen dimensions
picker on fixed platen

Machine dimensions

X_{max}	6800	8400	10500
	5404	5809	6704

* Depend on injection size

We reserve the right to make changes as a result of further technical advantages.

3.2.1 Klasická koncepce nástroje s vyhazováním integrovaným v čelisti

Toto kinematické uspořádání následuje klasickou koncepcí vstříkovacích nástrojů, kde hlavní směr odformování je shodný s tradičním vyhazováním „2“, které finálně vyhazuje plastový výrobek (Obr. 3.17).

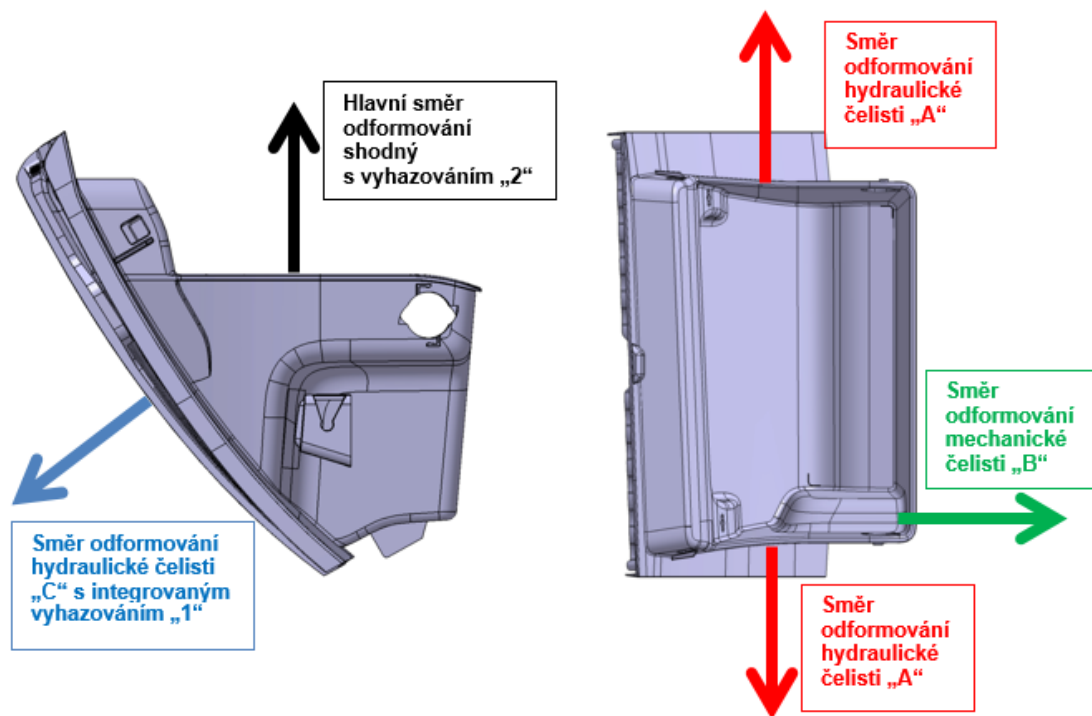
Pro odformování bočního domečku dorazu postačí zadní mechanická čelist „B“ poháněná šikmým kolíkem. Boční stěny musí být formovány hydraulickými čelistmi „A“ z důvodu nezbytného dlouhého zdvihu.

Nejnáročnější přední část tohoto uspořádání vyžaduje hydraulickou čelist „C“ s integrovaným vyhazováním „1“. Ve vyhazování „1“ jsou zakomponované čtyři jádra, kvůli kterým chod vyhazování musí probíhat ve dvou krocích, toho se docílí použitím petlicových zámků (programovatelných tyčí). V prvním kroku probíhá klasické odformování jader z domečku do boku, přičemž se pohybuje pouze čelist a vyhazovací paket stojí. V druhém kroku již couvá celé kinematické uspořádání, tj. čelist i vyhazovací paket zároveň. Pro vysunutí jader a vyhazovačů z podkosů vůči hlavnímu směru odformování aby nedošlo ke kolizi při vyhazování plastového dílu vyhazováním „2“.

Sekvence odformování: 1) Otevření formy spolu s čelistí „B“. 2) Odjetí čelistí „A“. 3) Odjetí čelisti „C“ spolu s integrovaným vyhazováním „1“. 4) Vyhození dílu vyhazováním „2“.

Výhody: Jednoduchá mechanická čelist „B“. Hlavní směr odformování shodný s tradičním vyhazováním „2“.

Nevýhody: Velice složitá hydraulická čelist „C“ s integrovaným vyhazováním „1“, obsahující petlicové zámkové mechanismy, kde při poruše kinematických mechanismů dojde k závažnému nabezení nástroje. Nepříliš stabilní držení plastového dílu při vyhazování.



Obr. 3.17: Kinematika klasické koncepce nástroje s vyhazováním integrovaným v čelisti

3.2.2 Klasická koncepce nástroje se sekundárním vyhazováním

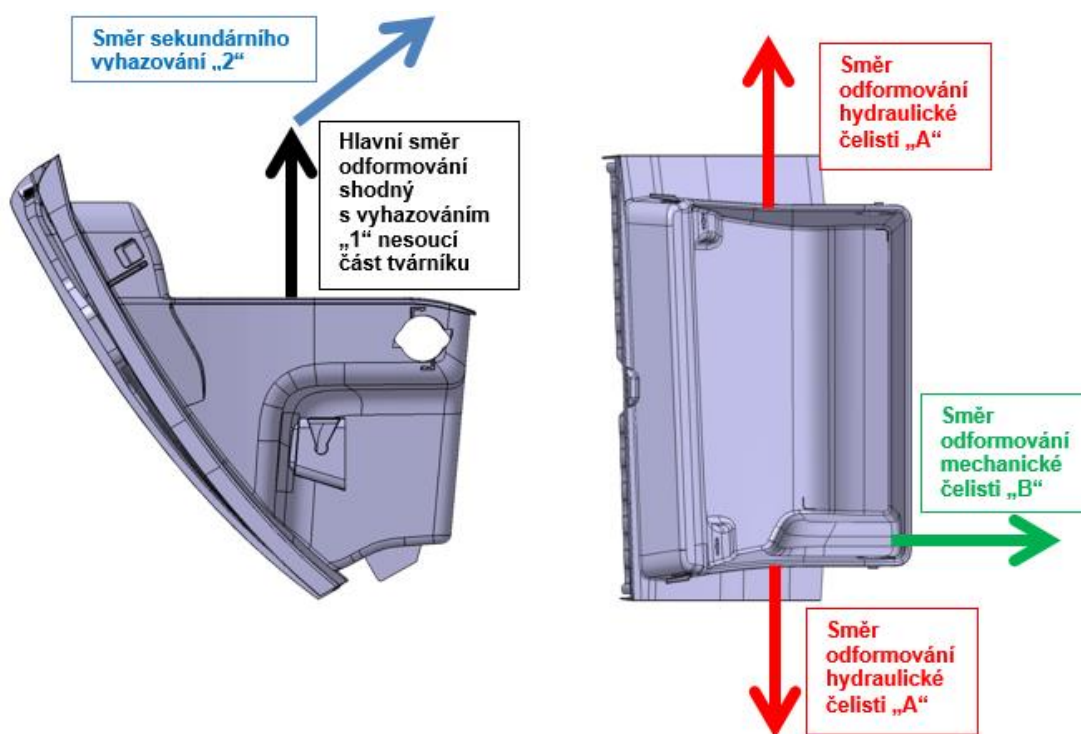
Kinematické uspořádání se sekundárním vyhazováním je částečně klasickou koncepcí vstřikovacích nástrojů (Obr. 3.18). Hlavní směr odformování je shodný s tradičním (primárním) vyhazováním „1“. Které již poměrně netradičně spolu s plastovým dílem vyhazuje i nejnáročnější část tvárníku této koncepce, ve které hnízdí sekundární vyhazování „2“. Sekundární vyhazování je šikmé od hlavního formovacího směru a obsahuje spolu s vyhazovači i čtyři jádra, přičemž vyhazuje plastový výrobek do finální polohy k odebrání robotem. Robot z finální polohy vyhazování musí uzpůsobit svou odebírací trajektorii tak aby se vyhnul vyhazovačům a jader v podkosu vůči hlavnímu směru odformování.

Pro odformování bočního domečku dorazu postačí zadní mechanická čelist „B“ poháněná šikmým kolíkem. Boční stěny musí být formovány hydraulickými čelistmi „A“ z důvodu nezbytného dlouhého zdvihu.

Sekvence odformování: 1) Otevření formy spolu s čelistí „B“. 2) Odjetí čelistí „A“. 3) Chod primárního vyhazování „1“. 4) Vyhození dílu sekundárním vyhazováním „2“.

Výhody: Jednoduchá mechanická čelist „B“. Hlavní směr odformování shodný s tradičním vyhazováním „1“.

Nevýhody: Tradiční vyhazování „1“ spolu s plastovým dílem vyhazuje i značnou část tvárníku obsahující sekundární vyhazování „2“. Tím značně nabývá nástroj na celkových rozměrech (potřeba většího lisu). Výrazně snižuje tuhost celého nástroje a nepříznivě zvyšuje lícovací plochy. Na které je kladen požadavek jako na celý nástroj 1 500 000 zdvihů během jeho životnosti. Nízká tuhost sekundárního vyhazování „2“. To vše predikuje vysokou pravděpodobnost, že nástroj bez větších zásahů a oprav nevydrží požadovaný počet výrobních zdvihů životního cyklu.



Obr. 3.18: Kinematika klasické koncepce nástroje se sekundárním vyhazováním

3.2.3 Zvolená netradiční koncepce nástroje s použitím šikmého vyhazování

Netradiční kinematická konfigurace je specifická tím, že směr hlavního vyhazování je šikmý vůči hlavnímu směru odformování (Obr. 3.19). Aby šikmé vyhazování mohlo vyhodit plastový výrobek do odebírací polohy robotem, musí se mu uvolnit prostor ve směru vyhazování. Robot z finální polohy vyhazování musí uzpůsobit svou odebírací trajektorii. Aby se vyhnul vyhazovačům a jader v podkosu vůči hlavnímu směru odformování a zároveň nekolidoval s komponenty formy (hlavně s čelistí „B“).

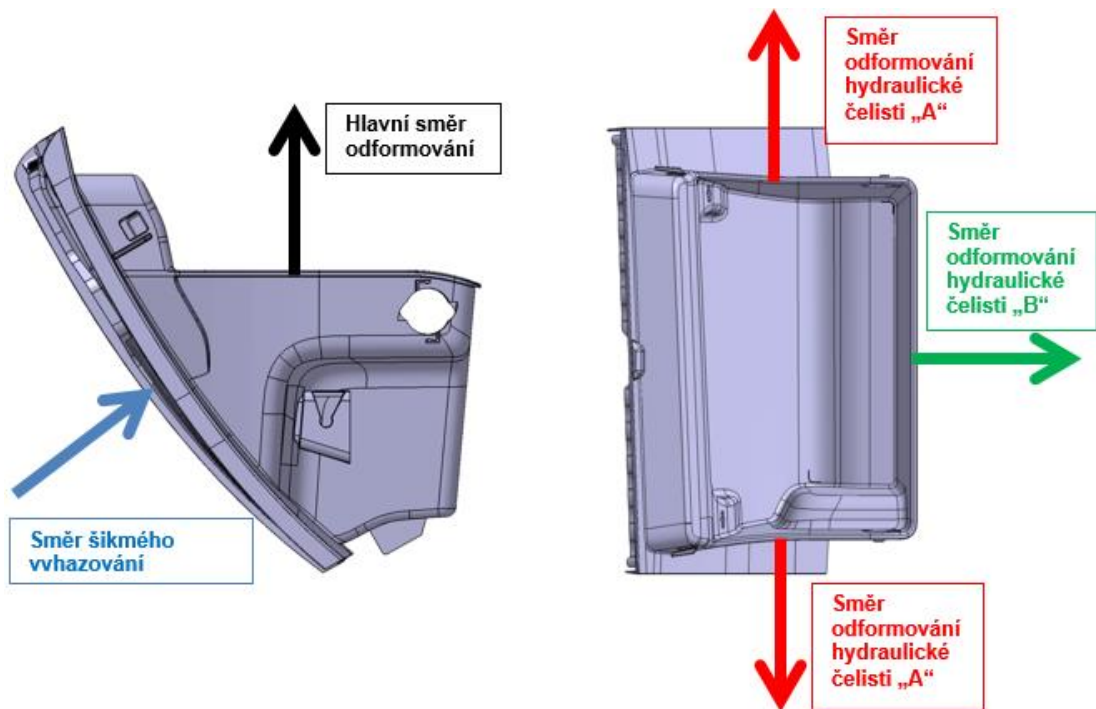
Proto je potřeba hydraulická čelist „B“, kvůli dlouhému pracovnímu zdvihu. Pro dostatečné uvolnění prostoru chodu šikmého vyhazování a bezpečné manipulaci robota. Tato čelist formuje celou zadní stranu plastového dílu, včetně bočního domečku dorazu. Boční stěny musí být formovány hydraulickými čelistmi „A“ z důvodu nezbytného dlouhého zdvihu.

Sekvence odformování: 1) Otevření formy. 2) Odjetí čelistí „A“. 3) Odjetí čelisti „B“. 4) Vyhození dílu vyhazováním.

Výhody: Koncepce umožňuje s použitím poměrně jednoduchých dílčích kinematických mechanismů zaformovat poměrně složitý plastový díl. Za cenu drobných designových změn na plastovém dílu. Kompaktní uspořádání je výhodné z hlediska celkových rozměrů nástroje, které má přímý vliv na potřebnou velikost lisu.

Nevýhody: Jedná se o netradiční koncepci nástroje s použitím šikmého vyhazování. Potřeba větší a hydraulické čelisti „B“ pro celou zadní stranu kapsy plastového dílu.

Volím tuto koncepci nástroje, protože je nejvýhodnější z tří výše uvedených variant. Proto je zvolenou variantou pro konstrukci nástroje a optimalizaci designu plastového dílu dle ní.



Obr. 3.19: Kinematika netradiční koncepce nástroje s použitím šikmého vyhazování

3.2.4 Čelist v tvárnici poháněná mechanicky s dvojitým otvíráním formy

Čelist v tvárnici se musí posunout do odformování polohy ještě před samotným otevřením celé formy. Jednak z důvodu odformování plastového výrobku. Ale také při nedodržení této posloupnosti by došlo k fatální kolizi dezénovaných částí formy mezi sebou. Tato kinematická konfigurace formy mechanicky „zamyká“ čelist při zavřené formě uzavírací silou lisu. Ve formovací poloze pro zabezpečení správné polohy při procesu vstřikování (Obr. 3.20).

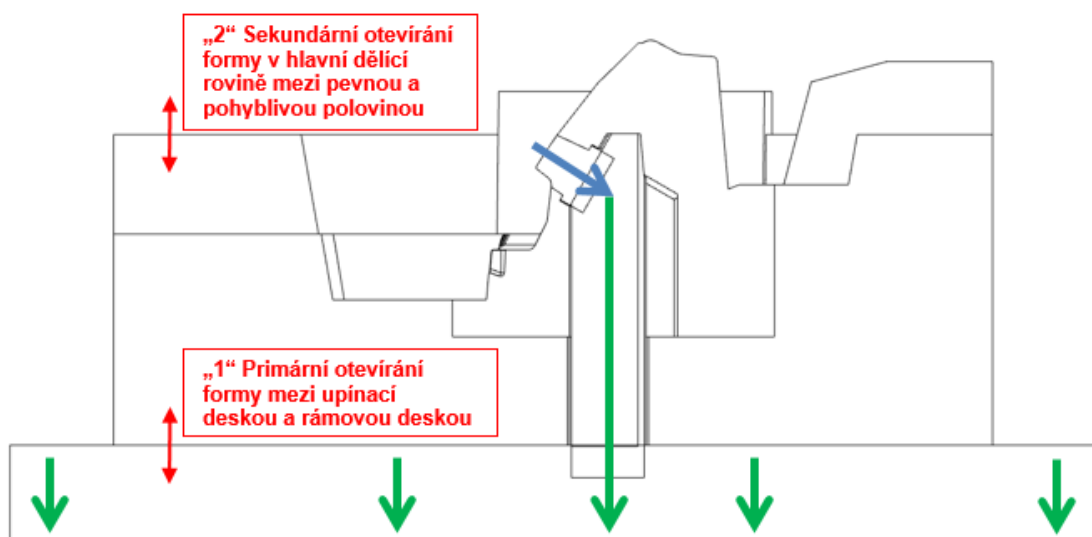
Pohyb čelisti mechanicky je způsoben „1“ primárním otvíráním formy mezi rámovou deskou a upínací deskou. S ní je unášen vozík a následně přes klín s „T drážkou“ poháněná samotná čelist. Po dokončení primárního otevření formy přichází na řadu „2“ sekundární otvírání formy v hlavní dělicí rovině mezi pevnou a pohyblivou polovinou formy. Tato posloupnost musí být striktně dodržena s vysokou přesností, protože čelist je dezénována. Tudíž formuje pohledové oblasti plastového výrobku. V případě pootevření byt' minimálně v sekundární oblasti, během otvírání primární oblasti. Zejména v počátku otvírání dojde k poškození plastového výrobku poškrábáním, či jinak. Pro

pohyb primárního otevření formy jsou použity plynové pružiny s petlicovými zámky (programovatelnými tyčemi) jako bezpečnostním prvkem. V případě poruchy kinematiky, nebo plynové pružiny. K zajištění (vymezení vůlí mechanismů) úplně prvotního otevření formy v primární oblasti se použijí polyuretanové pružiny. Charakteristické svým krátkým zdvihem avšak velkou přítlačnou silou.

Sekvence odformování: 1) Otevření formy v primární části spolu s pohybem mechanické čelisti. 2) Otevření formy v sekundární části, hlavní dělicí rovině nástroje.

Výhody: Téměř nemožné nabourat čelist lidskou chybou operátora při manipulaci s nástrojem, protože sekvence pohybů kinematiky formy probíhá plně automaticky pouhým otevíráním a zavíráním formy.

Nevýhody: Komplikované lícování nástroje v oblasti dělicí roviny mezi čelistí a tvárnici. Nutná častá kontrola, případně výměna v průběhu životnosti nástroje pružin a petlicových zámků. Zvláště v případě kdy začíná docházet k poškození plastového dílu například poškrábáním. Riziko (které také velmi záleží na výrobním lisu) přerušování automatického chodu nástroje na ochranu formy. Protože lis musí překonat vysokou sílu pružin při zavírání formy, pro pohyb kinematiky uvnitř nástroje.



Obr. 3.20: Kinematika čelisti v tvárnici poháněná mechanicky s dvojitým otevřením formy

3.2.5 Zvolená čelist v tvárnici poháněná hydraulickým zamykacím válcem

Čelist v tvárnici se musí posunout do odformování polohy ještě před samotným otevřením celé formy. Jednak z důvodu odformování plastového výrobku. Ale také při nedodržení této posloupnosti by došlo k fatální kolizi dezénovaných částí formy mezi sebou. Tato posloupnost pohybů formy neumožňuje „zamknutí“ čelisti při zavřené formě ve formovací poloze, klasicky mechanicky přes klíny. Pro zabezpečení správné polohy při procesu vstřikování. Proto je potřeba nalézt jiný způsob mechanického „zamčení“ čelisti ve vstřikovací poloze (Obr. 3.21).

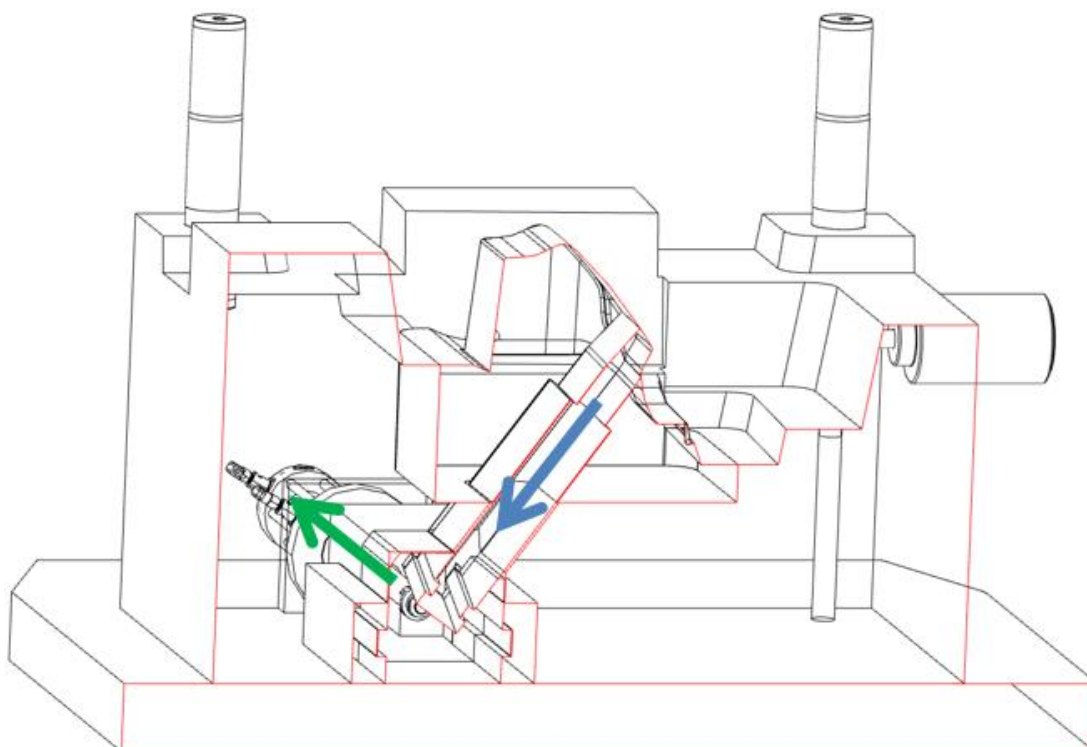
Pro pohyb čelisti je použit hydraulický válec vybavený nastavitelným zamykacím mechanismem. Který v nastavené koncové poloze se mechanicky zamkne zaklesnutím kamenů do drážek pístitnice. Válec pohybuje s vozíkem a následně přes klín s „T drážkou“ je poháněná samotná čelist.

Sekvence odformování: 1) Odjetí hydraulické čelisti. 2) Otevření formy.

Výhody: Spolehlivá, jednoduchá a na údržbu nenáročná kinematika pohybů čelisti v nástroji.

Nevýhody: Riziko kolize čelisti s tvárníkem lidskou chybou operátora při manipulaci s nástrojem. Při nedodržení sekvence otevírání a zavírání nástroje. Vyšší pořizovací náklady na hydraulický zamykací válec (oproti klasickému hydraulickému válci cca 10x vyšší).

Volím tuto koncepci nástroje, protože je nejvýhodnější ze dvou výše uvedených variant. Proto je zvolenou variantou pro konstrukci nástroje a optimalizaci designu plastového dílu dle ní.



Obr. 3.21: Kinematika čelisti v tvárnici poháněná hydraulickým zamykacím válcem

3.3 Úpravy designu plastového dílu dle vyrobitelnosti a zvolené kinematiky formy

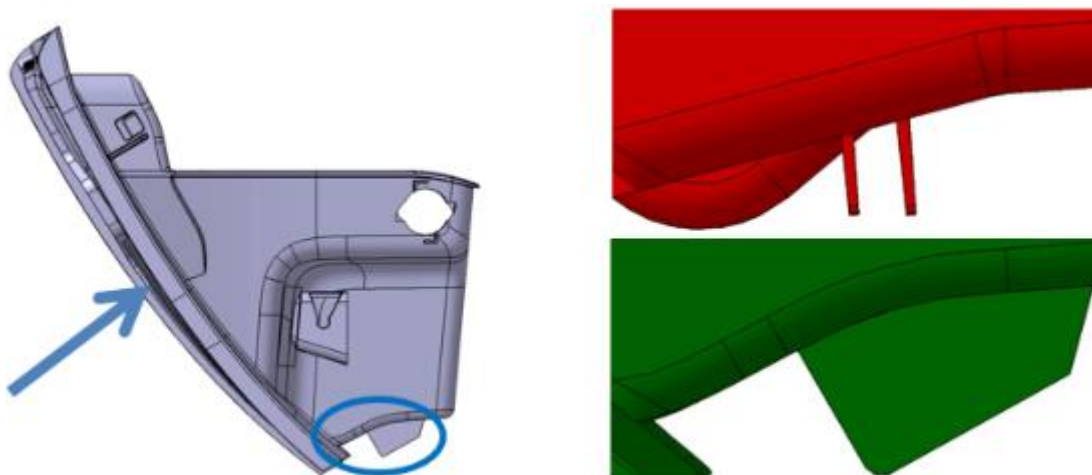
Vývoj designu plastového dílu samozřejmě podléhá mnoha aspektům a požadavkům. Tato kapitola se zaměří jen na ty nejdůležitější a pouze na designové požadavky vztahující se k výrobitelnosti technologií vstřikování plastů a uzpůsobení designu dílu dle kinematického uspořádání formy.

3.3.1 Designové změny dle směru šikmého vyhazování

Zvolenou koncepcí nástroje, ve směru odformování šikmého vyhazování vznikají dva typy podkosů ve spodní oblasti dílu.

V prvním případě se jedná o orientaci žeber (Obr. 3.22), které je potřeba otočit o 90° do směru vyhazování.

V druhém případě po celém dně plastového dílu vzniká podkos (Obr. 3.22), který je nezbytný odstranit a navíc přidat úkos (minimálně 1°) do pozitivu ve směru vyhazování aby bylo možné plastový výrobek bez problémů vyhodit.

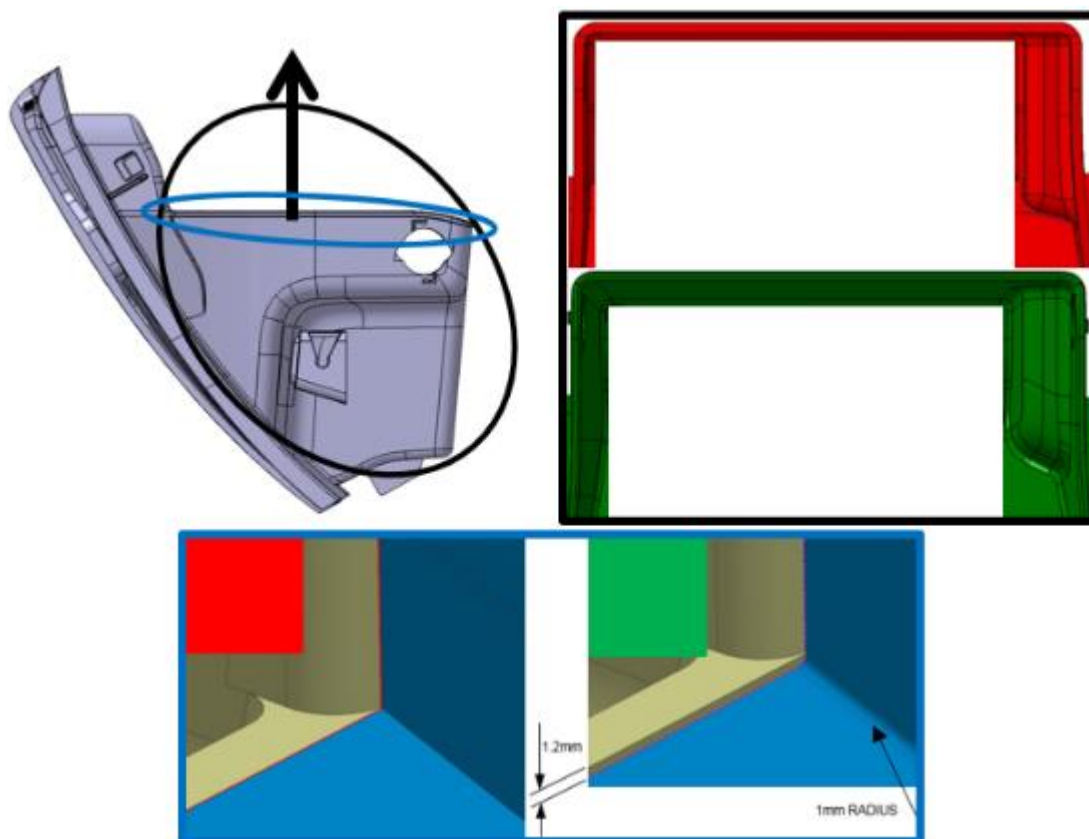


Obr. 3.22: Designové změny dle směru šikmého vyhazování

3.3.2 Designové změny dle hlavního směru odformování

Dle hlavního směru odformování a požadavku estetického dezénu Stipple 2 a Stipple 4 na stěnách výrobku kapsy (Obr. 3.23). Je nezbytné vytvořit minimálně požadovaný úkos, tzn $2,5^\circ$ a 4° na stěnách dle požadavků typu dezénů. Aby nedocházelo k poškrábání, či ulpívání výrobku na tvárnici.

Mezi tvárnici a bočními hydraulickými čelistmi v dělicí rovině vzniká ostrý roh (Obr. 3.23), který není vhodný z důvodu životnosti formy. Proto je potřeba posunout dělicí rovinu na přírubě v hlavním směru odformování dolů o 1,2 mm a změnit smysl úkosu na této části příruby. Touto změnou se umožní vytvoření rádiusu 1 mm na inkriminovaném ostrém rohu.

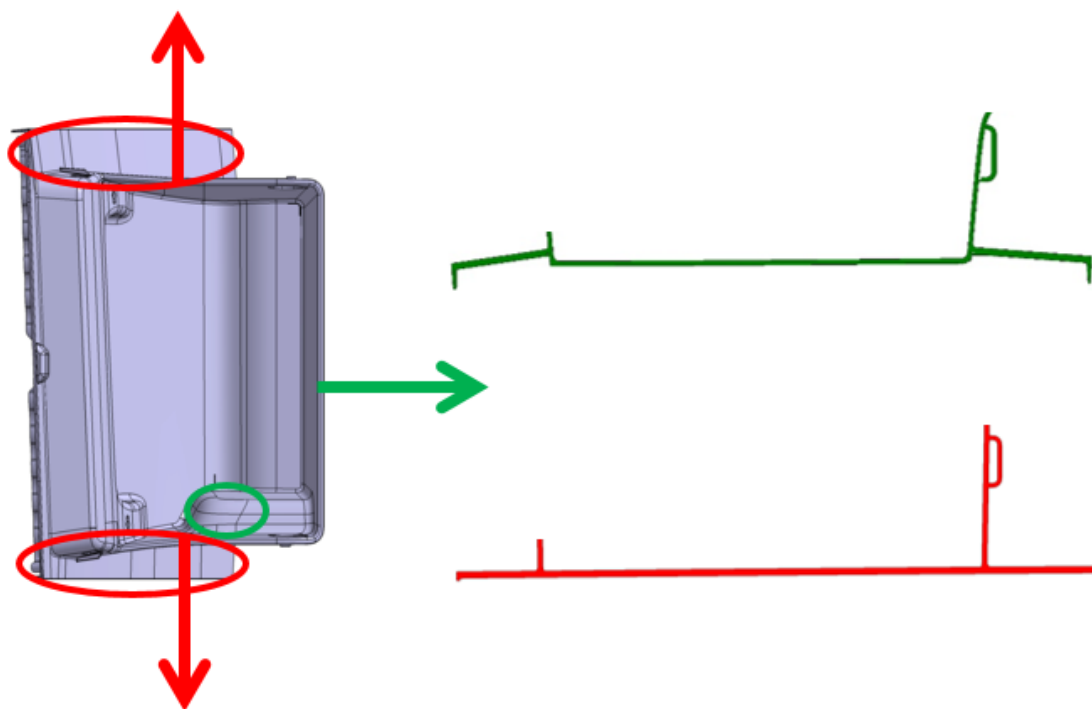


Obr. 3.23: Designové změny dle hlavního směru odformování

3.3.3 Designové změny dle odformování čelistí

Na zadní hydraulickou čelist není požadavek dezénu, čili je potřeba pouze respektovat její směr odformování a aby styčné plochy byly pozitivně ukoseny. Proto větší změny úkosů vyžaduje domeček klipu dorazu (Obr. 3.24) na boční stěně výrobku.

Boční hydraulické čelisti musejí být dezénovány estetickým dezénem Stipple 4 jak z čela, tak ze spodní strany. Proto je zde nutná poměrně velká designová změna spodních stran plastového výrobku (Obr. 3.24). Dle směru odformování čelistí a dále minimálně 4° do pozitivu. Aby nedocházelo k poškrábání, či ulpívání výrobku na čelistech.

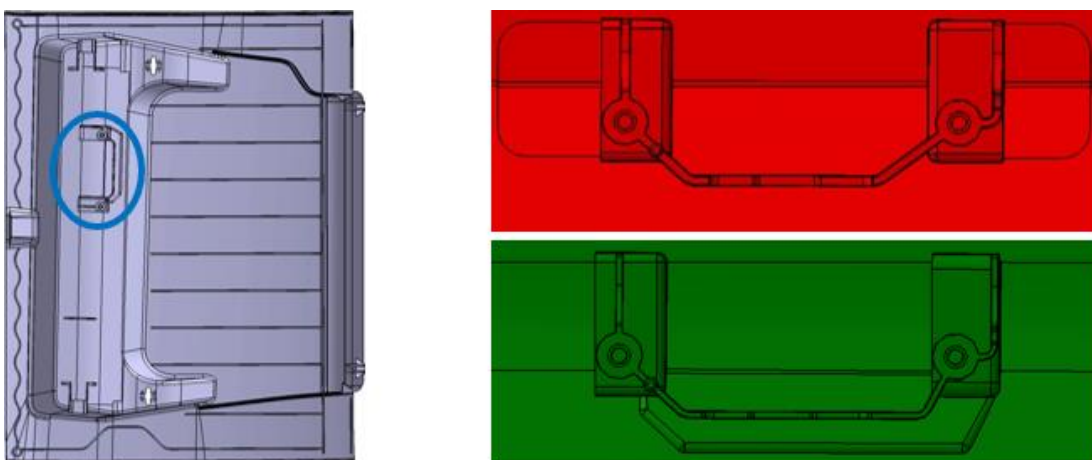


Obr. 3.24: Designové změny dle odformování čelistí

3.3.4 Designové změny dle odformování jader

Design dílu vyžaduje čtyři jádra, z nichž dvě potřebují designovou optimalizaci negativu odformování. Odstraněním kapes (Obr. 3.25), v kterých se jádra nacházejí, se vyřeší kolize s negativem při pohybu jader do boku.

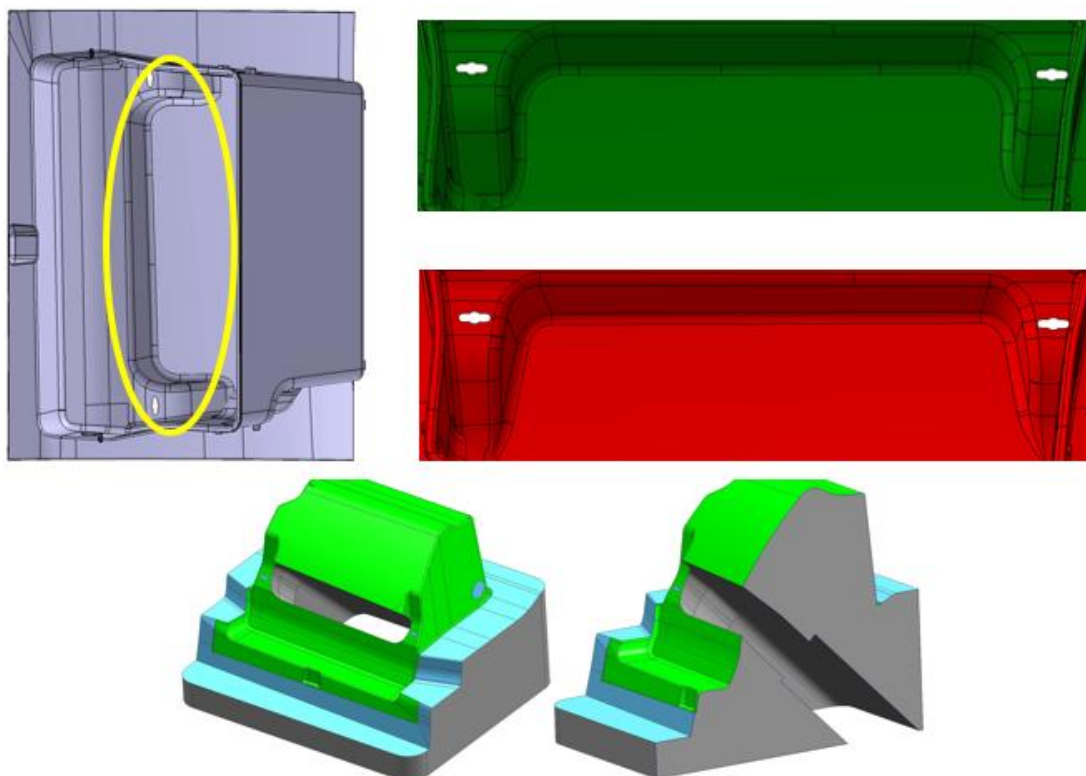
Dále je nezbytné otočit směr pohybu jednoho jádra o 180° (Obr. 3.25). Aby se předešlo kolizi mezi jádry v koncové pozici vyhazování z důvodu nedostatku místa mezi nimi.



Obr. 3.25: Designové změny dle odformování jader

3.3.5 Designové změny dle odformování čelisti v tvárnici

Změna oblasti pro knihu servisního manuálu spočívá v zúžení prostoru (čelisti) mezi bočními stěnami (Obr. 3.26). Změna je nezbytná z důvodu příliš slabých stěn oceli tvárnice po stranách čelisti. Tím by vznikl problém jednak s přehříváním inkriminovaných míst během výroby a dále by byla významně snížena celková životnost a tuhost formy.



Obr. 3.26: Designové změny dle odformování čelisti v tvárnici

3.4 Simulace procesu vstřikování

Plastový materiál je použit PP EPDM TD20 s referenčním označením Adx-5017 od výrobce Adadvanced Composites s doporučenými parametry pro zpracování dle (Tab. 3.2).

Přibližné rozměry plastového dílu jsou 360 x 250 x 230mm. Tloušťka stěny dílu je 2,5 – 3,0mm, průmětná plocha 905 cm² a celkový objem 643cm³. Mesh soubor byl vytvořen pomocí softwaru Ansa v14.2.2 s vygenerovaným počtem elementů 31 800 trojúhelníků. Simulace 2,5D byly provedeny pomocí softwaru Moldflow 2015 SP2.

Tab. 3.2: Doporučené parametry pro zpracování plastového materiálu PP EPDM TD20 s referenčním označením Adx-5017 od výrobce Adadvanced Composites [14]



Advanced Composites, Inc.
1062 Fourth Avenue Sidney, Ohio 45365 Phone: (937)492-9187 Fax: (937)498-4837

ADX-5017

PROCESS/START-UP RECOMMENDATIONS

Scratch Resistant Filled Polypropylene

Barrel Temperatures

Nozzle	C4	C3	C2	C1
420° F (215° C)	425° F (218° C)	425° F (218° C)	425° F (218° C)	400° F (204° C)

For harder to fill parts temperatures may have to be increased. Keep lower temperatures in the rear zones to allow venting through the hopper.

Melt Temperature

Maximum temperature with a hand pyrometer should be 400° F to 450° F (204° C to 232° C)

Mold Temperature

Minimum "A" surface steel temperature 120° F to 140° F (49° C to 60° C).

Injection Pressure

Allow 10% over max fill pressure so as not to limit injection speed

Holding Pressure

Normally 50-60% of max fill pressure

Injection speed

1 to 3 inches/second

Cushion

Maintain at .25-.5" to provide enough material for consistent parts.

Decompression

Use only when necessary to prevent nozzle drool.

Screw RPM

Screw should stop 1 to 2 seconds before mold open. A lower RPM is preferred for mixing and uniform melt temperature.

Drying

Material should be dried for a minimum of 2 hours and a maximum of 4 hours at 212° F (100° C).

Disclaimer: The user assumes all risk and liability concerning the use of these recommendations.

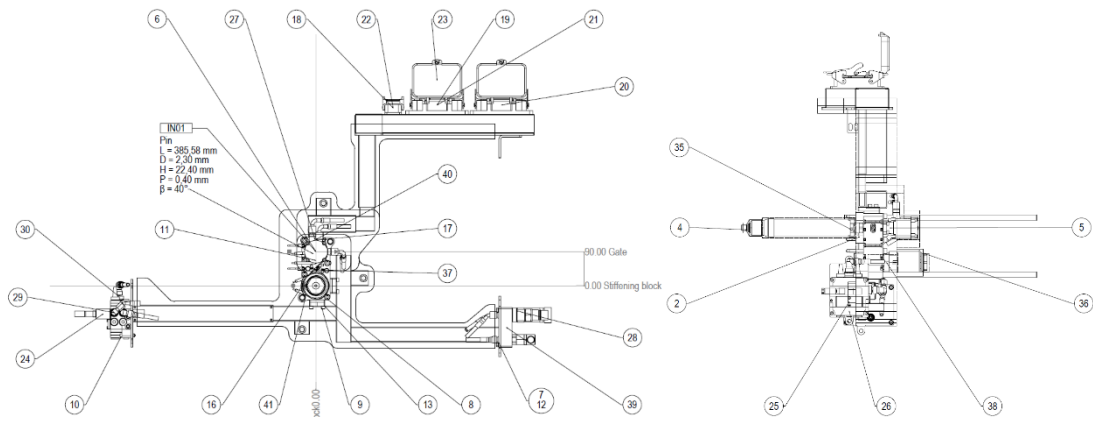
Zadané zvolené vstupní hodnoty pro výpočet simulací vstřikování jsou dle (Tab. 3.3).

Tab. 3.3: Zadané zvolené vstupní hodnoty pro výpočet simulací vstřikování

Parametr	Hodnota
Teplota taveniny	230°C
Rychlostní profil vstřikování	50%
Bod přepnutí mezi vstřikem a dotlakem při naplnění dílu	98%
Doba dotlaku	7s
Velikost dotlaku	30MPa
Doba chlazení	20s
Teplota formy - tvárnice	30°C
Teplota formy - tvárník	30°C
Průměr vrtání chladících okruhů	12mm
Průměr vrtání chladících okruhů s přepážkami	18mm
Vzdálenost chlazení od povrchu formy	16 - 25mm
Počet chladících okruhů na straně tvárníku	9
Počet chladících okruhů na straně tvárnice	6
Tepelná vodivost vody při 30°C	0,615W*m-1*K-1
Tepelná vodivost oceli při 30°C	87,4W*m-1*K-1
Průměr plnicího otvoru přímé trysky do dílu	3,5mm
Poloha plnicí trysky do dílu X, Y, Z souřadnice	2301.83, 411.31, 808.77mm

3.4.1 Simulace plnění

Plastový výrobek se bude plnit jednou přímou tryskou s jehlovým uzavíráním (Obr. 3.27) do dna dílu, ze strany tvárníku. Tato poloha vstřikovacího bodu je nejvýhodnější z několika důvodů. Plnění ze strany tvárníku je výhodné, protože se jedná o nepohledovou stranu a zároveň tryska neprochází žádnými kinematickými mechanismy. Přímá tryska je technologicky nejefektivnější z hlediska plnění a dno výrobku je zakryto kobercem. Který skryje případný problém s rozdílným leskem plastového dílu způsobený rozdílnými teplotami jak plastu, tak formy okolo plnicího bodu. Jehlové uzavírání trysky zajistí hladké dno dílu bez nežádoucího plastového výstupku. Jedná se o bezodpadové řešení plnění, tím pádem je ekonomicky nejvýhodnější.

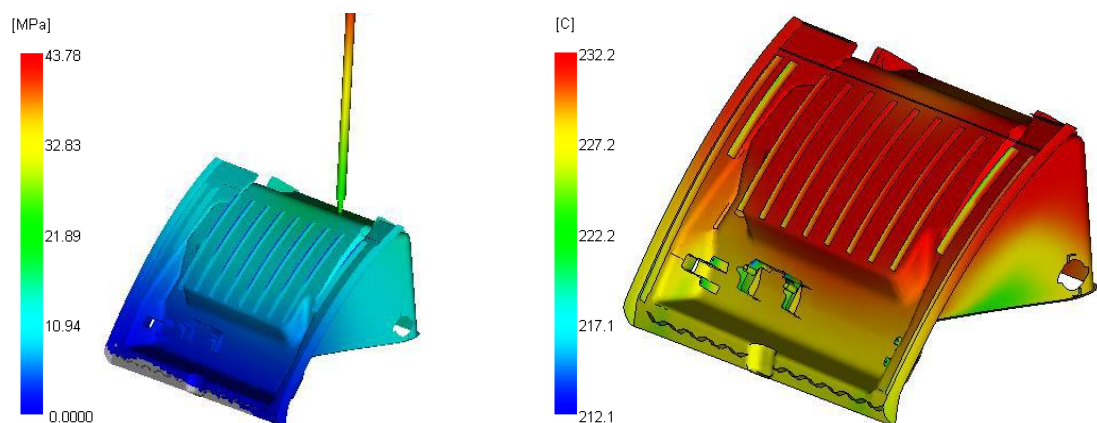


Obr. 3.27: Přímá tryska s jehlovým uzavíráním od firmy HRS [17]

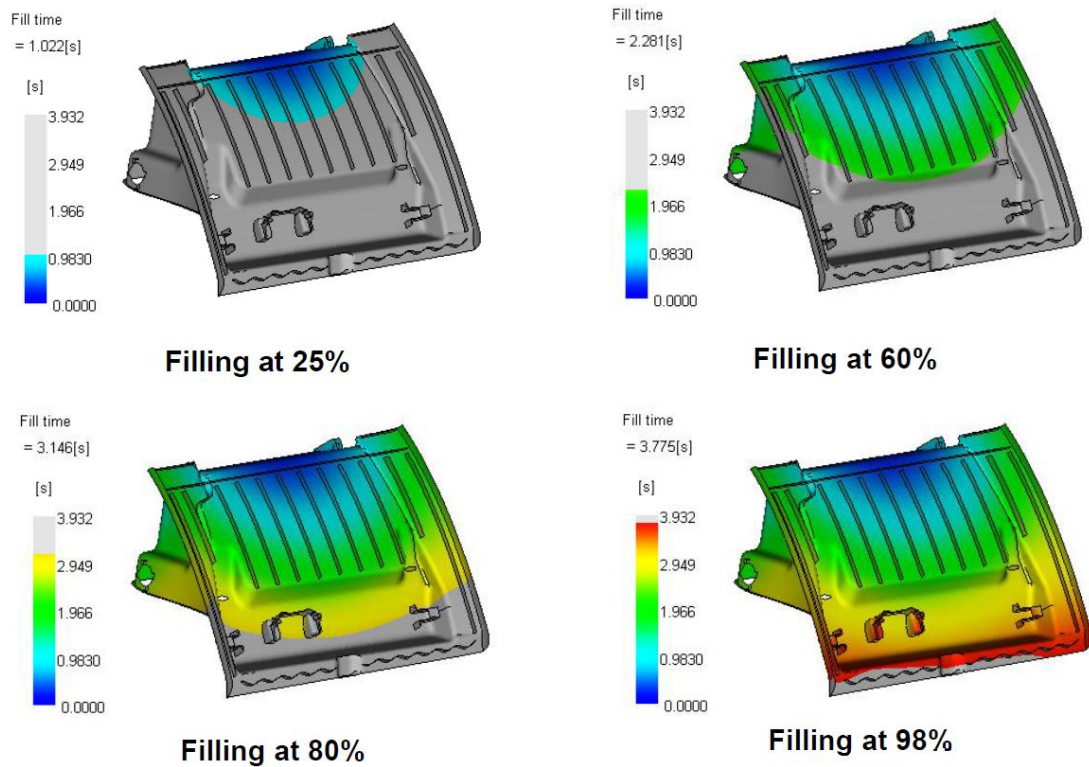
Nejdůležitějším cílem simulace plnění bylo ověření, zda celý plastový výrobek bude bez problémů i v nejvzdálenějších oblastech od plnicí trysky řádně naplněn. To se úspěšně potvrdilo, proto mohou být zafixovány souřadnice zvolené polohy plnicí trysky pro další simulace a konstrukci nástroje. Dále ze simulace jsou výstupem výsledné hodnoty plnění dle (Tab. 3.4).

Tab. 3.4: Výsledné hodnoty ze simulace plnění

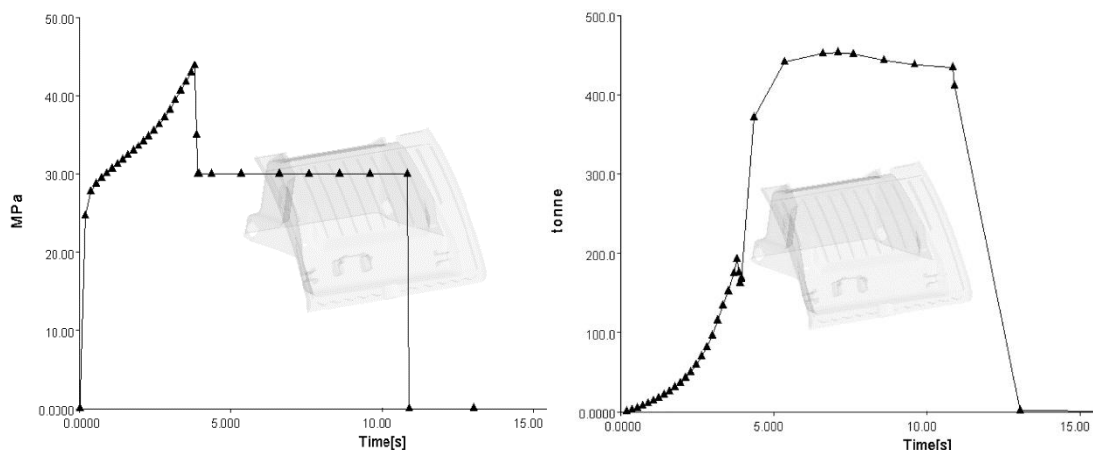
Parametr	Hodnota	Obrázek
Doba vstřikování	4s	
Maximální tlak v dutině formy	43,8MPa	(Obr. 3.28)
Studie plnění dutiny formy	25%, 60%, 80%, 98%	(Obr. 3.29)
Teplota taveniny v dutině formy	220-230°C	(Obr. 3.28)
Potřebná uzavírací síla +20% bezpečnostní koeficient	544tun	(Obr. 3.31)



Obr. 3.28: Hodnoty při vstřiku v dutině formy - vlevo tlak, vpravo teplota taveniny



Obr. 3.29: Studie plnění dutiny formy

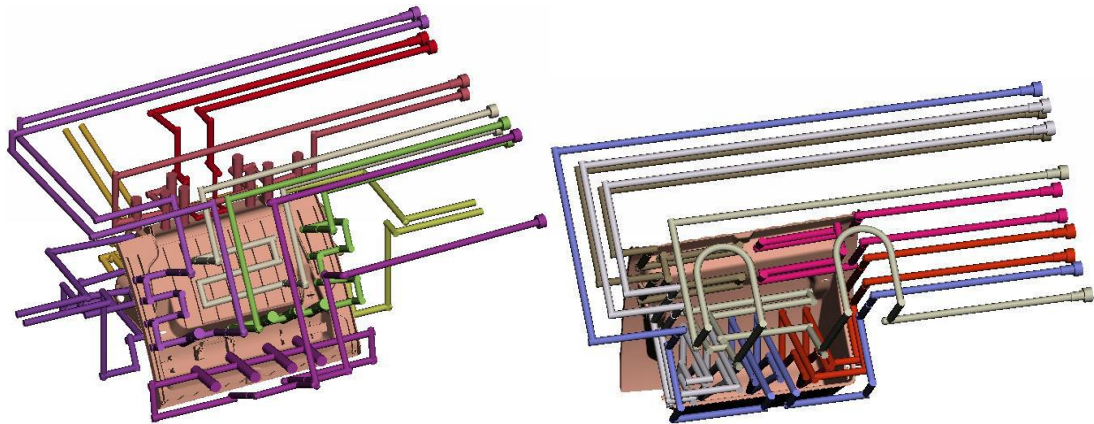


Obr. 3.30: Vlevo průběh tlaku, vpravo průběh potřebné uzavírací síly

3.4.2 Simulace chlazení

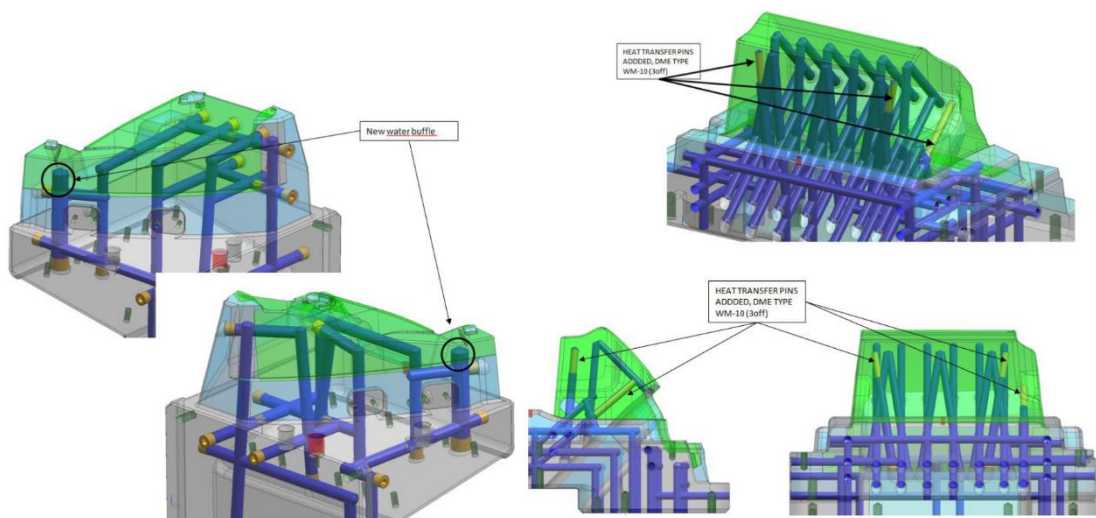
Simulace chlazení je velmi důležitá jednak pro rovnovážné chlazení všech styčných částí formy s taveninou z hlediska deformací plastového dílu. Dále nejdelší čas vstřikovacího cyklu zabírá právě chlazení plastového dílu uvnitř formy, které je velmi důležité z hlediska ekonomičnosti výroby.

Rozvržení chladících okruhů na základě praktických zkušeností z návrhů již dříve zhotovených forem na straně tvárníku a tvárnice je znázorněno na (Obr. 3.31).



Obr. 3.31: Chladící okruhy - vlevo strana tvárničku, vpravo strana tvárnice

Zefektivnění chlazení na základě simulace chlazení oproti původnímu návrhu je na (Obr. 3.32). Spočívá v přidání vrtání chladících okruhů s přepážkami do bočních čelistí. Dále aplikací vložek z vysoce tepelně vodivého materiálu do tvárnice.



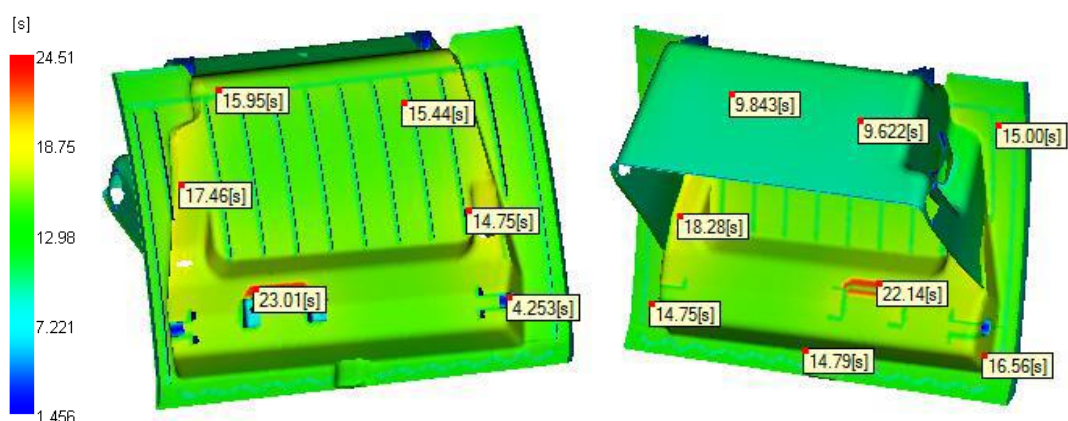
Obr. 3.32: Zefektivnění chlazení - vlevo boční čelisti, vpravo tvárnice

Simulace doby chlazení ukazuje očekávaný potřebný čas chlazení plastového dílu, dle daného designu a procesních podmínek. Hodnota může být použita jako indikátor horkých míst na díle a dále jako limit pro dobu chlazení z celkového času vstřikovacího cyklu. Minimální Reynoldsovo číslo k dosažení požadovaného turbulentního proudění a tím pádem efektivního převodu tepla z oceli nástroje do média (vody) chladícího okruhu je 10 000. Dle simulací je dosaženo turbulentního proudění v chladících okruzích. V

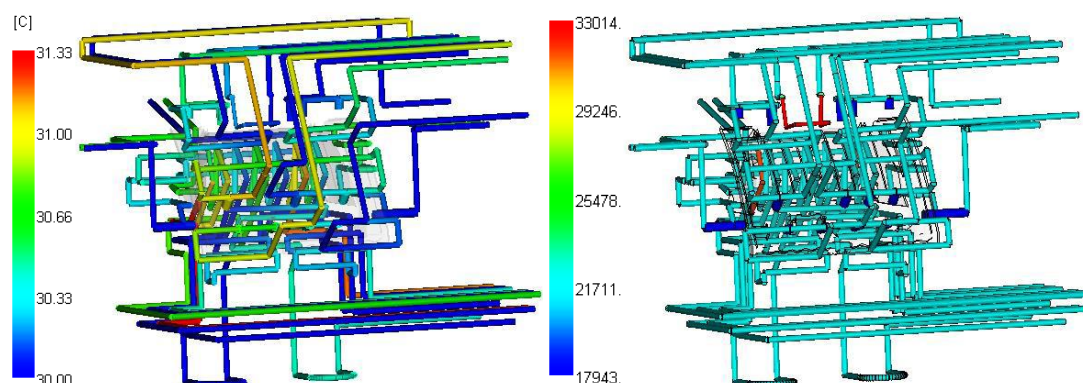
teplotách chladících okruhů jsou příznivé malé rozdíly uvnitř chlazení. To dokazuje, že délka a průměry jednotlivých chladících okruhů jsou dostatečné pro efektivní chlazení formy. Průměrné teploty během výrobních cyklů plastového dílu na konci chladicí fáze by měla být okolo 40 – 60°C a rozdíl v teplotách mezi jednotlivými oblastmi by neměl přesahovat 15 – 20°C, pro stabilní plastový díl a minimalizaci jeho deformací. Pro většinu plastového dílu toto kritérium platí. Avšak i po optimalizačním zefektivněním chlazení uvedením výše. Které přispělo zlepšením (snížením) teploty v inkriminovaných místech se na plastovém díle stále nacházejí malé přehřáté oblasti rohů (Tab. 3.5). Další možná optimalizace pro vyrovnání teploty plastového dílu v oblasti přehřátých rohů, je použití slitiny Cu-Be neboli z Moldmaxu LH. Který je charakteristický svou dobrou tepelnou vodivostí a to, při teplotě 200°C je $160\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Bohužel tyto problematické rohy budou mít povrchovou úpravu estetickým dezénem. Použitím vložek ze slitiny Cu-Be, by vznikly jednak viditelné linie na hranicích s vložkami. Dále dezén na plastovém dílu by se vyznačoval rozdílnými hodnotami lesku, kvůli použití rozdílných matricových materiálů. Proto řešení Cu-Be vložkami není přijatelné a dále se jím práce nebude zabývat ani v simulacích.

Tab. 3.5: Výsledné hodnoty ze simulace chlazení

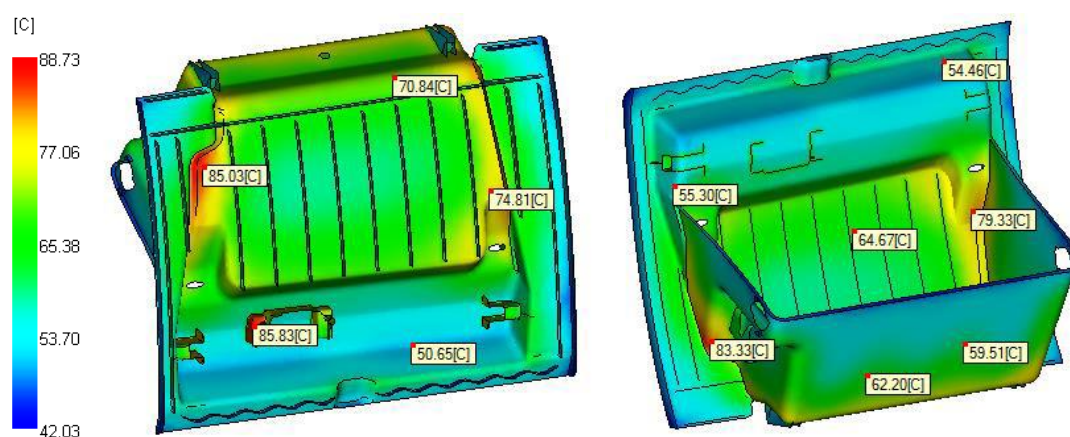
Parametr	Hodnota	Výsledek	Obrázek
Očekávaný čas chlazení pro převážnou většinu dílu včetně času dotlaku	20s	Vyhovující	(Obr. 3.33)
Teplota uvnitř chladících okruhů	od 30°C do 31,33°C	Vyhovující	(Obr. 3.34)
Průtok kapaliny chladícím okruhem	165 cm ³ /s	Vyhovující	
Reynoldsovo číslo v okruhách	od 17 943 do 33 014	Vyhovující	(Obr. 3.34)
Průměrné teploty plastového dílu na konci chladicí fáze	50°C – 85°C	Dostatečné	(Obr. 3.35)
Optimalizační zefektivnění chlazení	3°C		



Obr. 3.33: Simulace doby chlazení



Obr. 3.34: Simulace chladících okruhů - vlevo teplota, vpravo Reynoldsovo číslo



Obr. 3.35: Simulace průměrné teploty během výrobních cyklů plastového dílu na konci chladící fáze

3.4.3 Simulace změny tvaru

Pro vizualizaci změny tvaru je použito zvětšující měřítko 4x. Ukazuje celkové posunutí v určitém směru zahrnující všechny efekty od smrštění, přes teplotní rozdíly, až po vyhození a vychladnutí plastového dílu na pokojovou teplotu. Hodnoty jsou vztaheny k souřadnicím modelu dílu (Tab. 3.6).

Simulace změny tvaru ve směru „X“. Změny tvaru způsobené teplotními rozdíly jsou malé, téměř zanedbatelné. Celkové změny tvaru jsou způsobené převážně smrštěním.

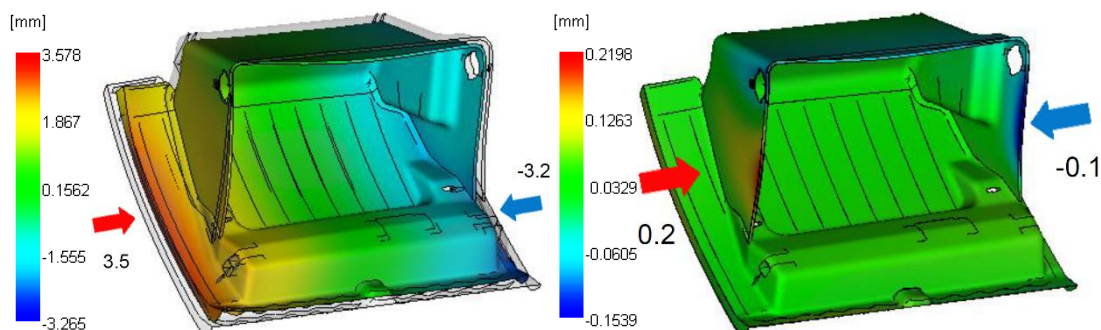
Simulace změny tvaru ve směru „Y“. Změny tvaru způsobené teplotními rozdíly jsou velké. Proto je potřeba hledat další možná řešení pro jejich snížení. Celkové změny tvaru jsou způsobené převážně deformacemi, mající

kořeny v designu plastového dílu tzv. box efekt. Jedno z možných řešení je změna teploty tvárnice z 30°C na 15°C, při zachování teploty tvárníku 30°C. Touto změnou procesních parametrů, dle simulací se zlepšily změny tvaru způsobené teplotními rozdíly o nezanedbatelných 40%. Výše uvedené optimalizační zefektivnění chlazení, přispělo zlepšením o dalších cca 15% oproti návrhu bez simulace.

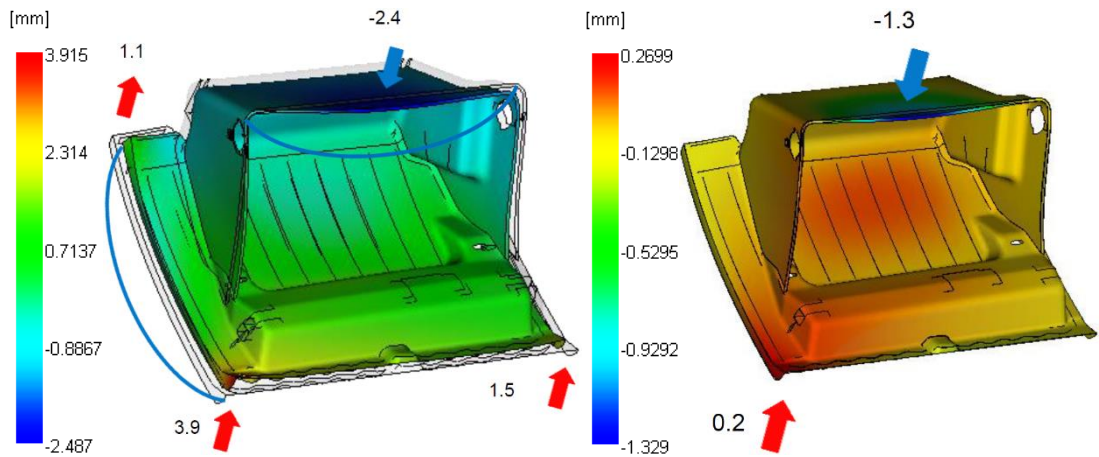
Simulace změny tvaru ve směru „Z“. Změny tvaru způsobené teplotními rozdíly jsou malé, téměř zanedbatelné. Celkové změny tvaru jsou způsobené převážně smrštěním.

Tab. 3.6: Výsledné hodnoty ze simulace změny tvaru

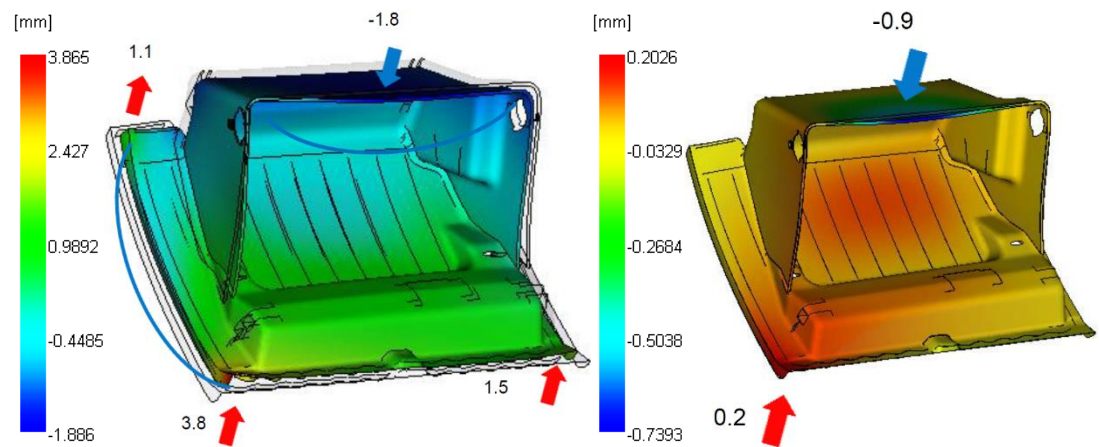
Směr	Popis	Hodnota	Obrázek
X	Změny tvaru způsobené teplotními rozdíly	od -0,15 do 0,21mm	(Obr. 3.36)
X	Celkové změny tvaru	od -3,26 do 3,57mm	(Obr. 3.36)
Y	Změny tvaru způsobené teplotními rozdíly - Tvárnice 30°C - Tvárník 30°C	od -1,32 do 0,26mm	(Obr. 3.37)
Y	Celkové změny tvaru - Tvárnice 30°C - Tvárník 30°C	od -2,48 do 3,91mm	(Obr. 3.37)
Y	Změny tvaru způsobené teplotními rozdíly - Tvárnice 15°C - Tvárník 30°C	od -0,73 do 0,20mm	(Obr. 3.38)
Y	Celkové změny tvaru - Tvárnice 15°C - Tvárník 30°C	od -1,88 do 3,86mm	(Obr. 3.38)
Z	Změny tvaru způsobené teplotními rozdíly	od -0,57 do 0,18mm	(Obr. 3.39)
Z	Celkové změny tvaru	od -2,05 do 5,05mm	(Obr. 3.39)



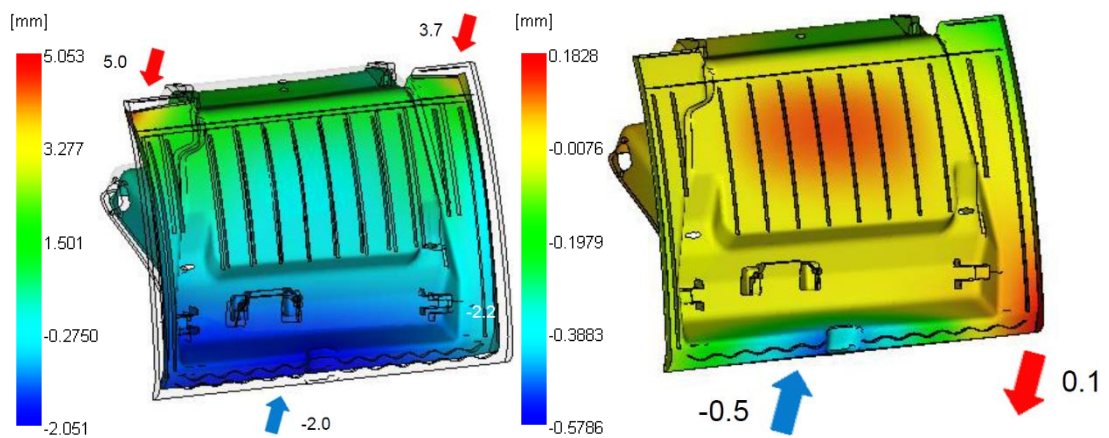
Obr. 3.36: Simulace změny tvaru ve směru „X“ – vlevo celkové, vpravo způsobené teplotními rozdíly



Obr. 3.37: Simulace změny tvaru ve směru „Y“ – vlevo celkové, vpravo způsobené teplotními rozdíly



Obr. 3.38: Simulace změny tvaru ve směru „Y“ s upravenými procesními parametry – vlevo celkové, vpravo způsobené teplotními rozdíly



Obr. 3.39: Simulace změny tvaru ve směru „Z“ – vlevo celkové, vpravo způsobené teplotními rozdíly

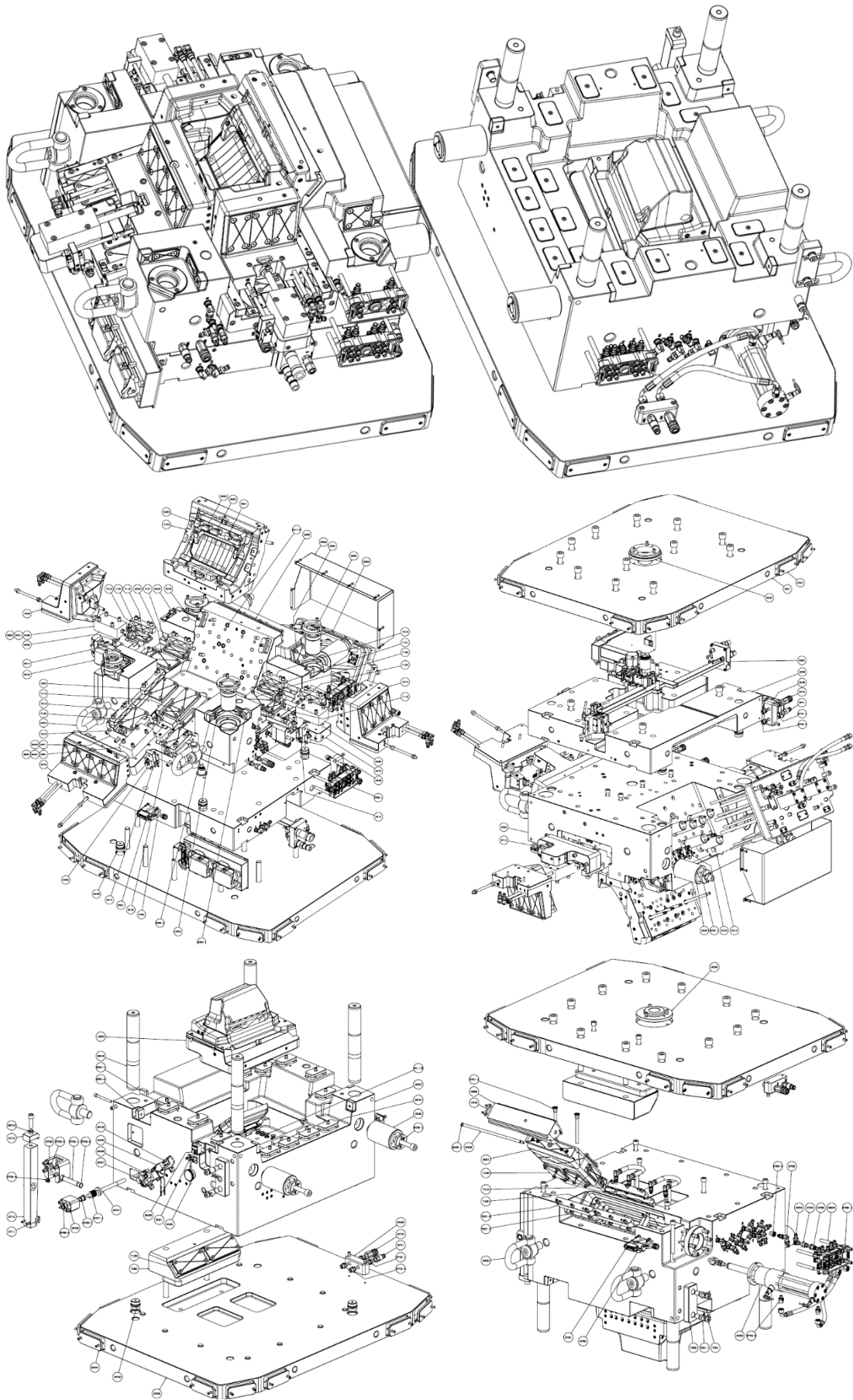
4 DISKUSE ZÍSKANÝCH VÝSLEDKŮ

4.1 Vstřikovací forma

Výsledkem finálního designu plastového dílu a zvolené koncepce konstrukce nástroje je vstřikovací forma (Obr. 4.40). O rozměrech: horizontální 1 458mm, vertikální 1 221mm, vestavná výška 1 036mm a hmotnosti: pevná polovina 3 730kg, pohyblivá polovina 3 360kg, celková 7 090kg. S těmito parametry forma pasuje do sériového lisu o velikosti uzavírací síly 1000tun dle zadaných kalkulací. Pouze se musí před samotným upnutím na magnety spouštět do lisu otočená o 90°, aby se vyhnula sloupkům stroje (spustila mezi ně) a poté se musí natočit zpět do výrobní polohy k upnutí.

Všechny chladicí okruhy ve formě již od prvního zkoušení protékají tak jak by měli a po jejich optimalizaci dle pozitivních výsledků ze simulací jsou dostatečně efektivní. Jedná se o 3 okruhy pro čelisti s 6 chladíci okruhy na pevné polovině a 6 chladících okruhů na pohyblivé polovině formy. Proto nástroj nemá problémy s uchlazením (přehříváním) ani v kontinuálním automatickém výrobním cyklu s odebíráním robotem.

Tři hydraulické okruhy na pevné polovině formy pohánějící klasické hydraulické válce fungují bez jakýchkoliv problémů. Na pohyb každé čelisti je použit jeden hydraulický válec a pro pohyb vyhazování jsou použity válce dva. Zapojení a sekvence pohybů je následující: V prvním hydraulickém okruhu jsou zapojeny obě boční čelisti, v druhém je zapojena jedna zadní čelist, třetím je poháněno vyhazování. Pro zabezpečení kolize mezi čelistmi a vyhazováním v případě chybné manipulace (nedodržení sekvence pohybů) operátorem. Jsou nainstalovány bezpečnostní kolíky ve vyhazování, principiálně jsou to vracecí kolíky. Tyto kolíky ve vstřikovací poloze jsou opřeny o technické plochy čelistí a neumožní případný pohyb vyhazování vpřed, dokavad' jsou čelisti stále ve vstřikovací poloze. Naopak v odebírací poloze jsou kolíky vyjeté v technických otvorech čelistí a neumožní pohyb čelistí, dokud vyhazování je stále v odebírací poloze.



Obr. 4.40: Výkres vstřikovací formy

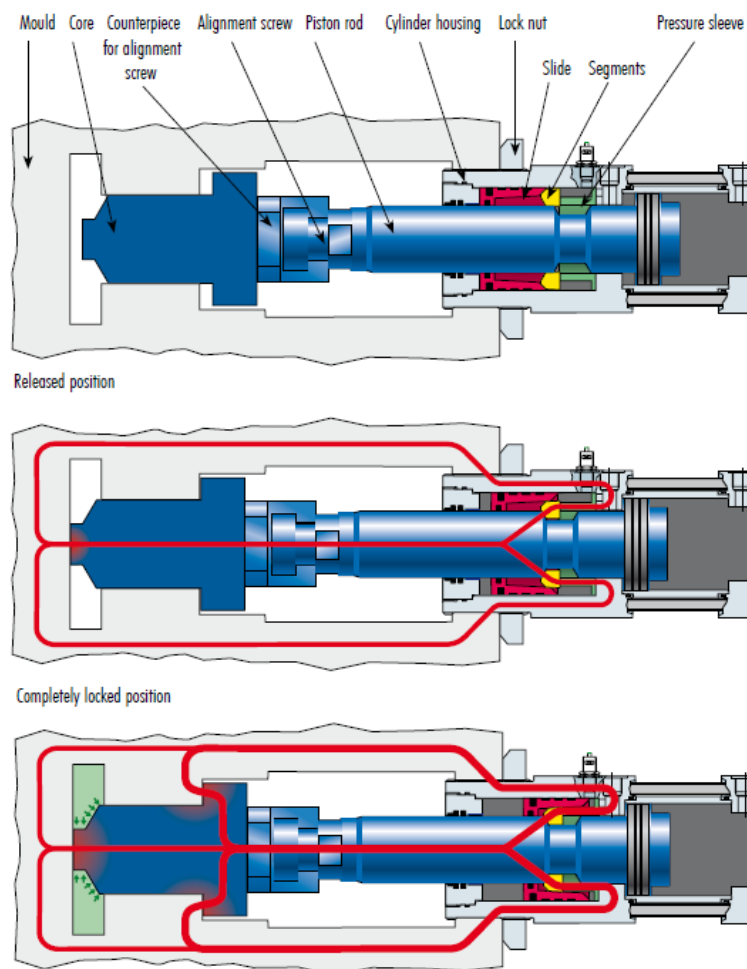
Danými vstupními, vypočtenými hodnotami působící na čelist a konstrukcí čelisti samotné na pohyblivé polovině formy (Tab. 4.7).

Tab. 4.7: Vstupní, vypočtené hodnoty a zvolený válec čelisti na pohyblivé polovině

Parametr	Hodnota
VSTUPY	
Průmětná plocha čelisti na pohyblivé polovině formy	9 960mm ²
Potřebný zdvih pro odformování čelisti	25mm
Vstřikovací tlak s bezpečnostním koeficientem pro výpočet	700barů
Tlak v hydraulickém okruhu pro výpočet	80barů
Převodový úhel klínu mezi čelistí a vozíkem	8°
VYPOČTENO	
Síla vyvinutá na čelist při vstřiku	697 200N
Síla přenesená přes převodový klín na vozík	97 985N
Potřebný zdvih vozíku (válce)	177,9mm
ZVOLENO	
Válec firmy Cytec HS-040-028-0180-01-I-N-F-G-KO-B28-B29	
Pístnice válce	Ø40mm
Zdvih válce	180mm
Přidrzná síla válce v zamknutém stavu	150 000N
Síla válce při pohybu vpřed	13 000N
Síla válce při pohybu zpět	6 400N

Je potřebný jeden hydraulický okruh a hydraulický zamykací válec s nejbližšími vyššími parametry, oproti vypočteným hodnotám. Volím válec od firmy Cytec, označením HS-040-028-0180-01-I-N-F-G-KO-B28-B29 (Obr. 4.41). Sekvence pohybů je následující: Nejprve musí odjet hydraulická čelist do odformovací polohy a teprve potom se může otevřít celá forma. Pro zabezpečení kolize mezi čelistí a tvárníkem v případě chybné manipulace (nedodržení sekvence pohybů) operátorem je nainstalován bezpečnostní prvek v podobě vahadla. Vahadlo je jedním koncem připevněno z opačné strany vozíku než hydraulický zamykací válec a střed je připevněn otočně také na pohyblivé polovině formy. Pokud je forma zavřená a čelist ve vstřikovací poloze, vahadlo je svým druhým koncem zaklesnuto v kapse pevné poloviny formy a tím nedovolí otevření nástroje. Otevření bude přerušeno ochranou formy, překročením síly pohybu lisu. Naopak pokud je forma otevřená a čelist ve vstřikovací poloze při zavírání nástroje, vahadlo by svým druhým koncem nabouralo do pevné poloviny a opět by způsobilo přerušování pohybu ochranou formy, překročením síly pohybu lisu. Zvolený hydraulický zamykací válec je dostatečný pro správnou funkci čelisti. Pohyb čelisti do vstřikovací i odformovací polohy probíhá bez problémů. Čelist při vstřikování plastu ani ve

fázi dotlaku nemá sebemenší tendenci couvat. Tato tendence by se okamžitě projevila zhoršenou kvalitou plastového dílu. Tím že by se v lepším případě objevila výraznější dělicí rovina mezi čelistí a tvárnicí. V horším případě by se na ní vyskytl schod a popřípadě ještě navíc zástřík.



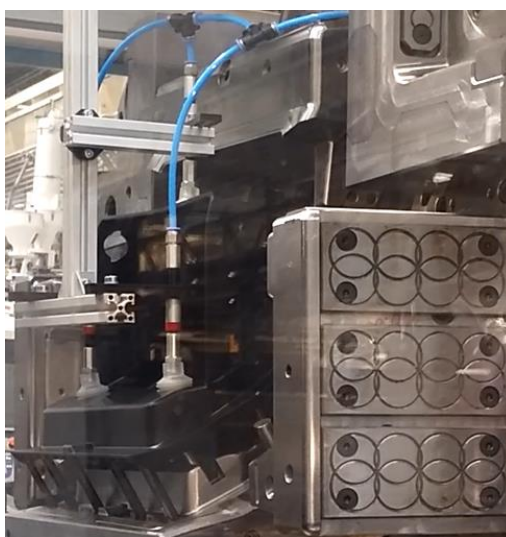
Obr. 4.41: Princip zamykání hydraulického válce firmy Cytec [5]

Kinematika, mechanika a pohyby celé formy (Obr. 4.42) fungují, tak jak mají plynule bez jakýchkoliv známek zadírání. Chod nástroje v automatickém výrobním cyklu je hladký s bezproblémovým odebráním plastového dílu z vyhazování chapadlem robota (Obr. 4.43). Manipulační chapadlo je poměrně jednoduché. Kostra chapadla je složená z hliníkových profilů smontovaná k závěsné desce na robota. Tři vakuové přísavky s odpružením pro uchopení plastového dílu jsou připevněné přes nastavitelné polohovací prvky ke kostře chapadla. Propojené pneumatickými hadičkami do připojovací zásuvky vakua. Po vertikálním spuštění chapadla do otevřené formy nastává přísátí

plastového dílu. Chapadlo musí s dílem nejdříve vykonat krátký horizontální pohyb směrem od formy, aby se vyhnulo odformovaným jádrům. Které se i přesto stále nacházejí v negativu platového dílu. Teprve poté může chapadlo s dílem stoupat vertikálně nad lis a dokončit pohyb po trajektorii až do spuštění plastového dílu na pás linky.



Obr. 4.42: Vstřikovací forma



Obr. 4.43: Odebírání plastového dílu z formy manipulačním chapadlem

4.2 Plastový díl

Plastový díl (Obr. 4.44) již z prvního zkoušení formy u dodavatele nástroje byl ve velmi slušné kvalitě. Díky faktorům jako dobré designové

úpravě dílu dle vhodné koncepce a konstrukce formy ve fázi návrhů. Samozřejmě také díky velmi dobrému výrobnímu zpracování nástrojárny. V menším měřítku než je obvyklé se na dílu vyskytly defekty. Jako drobné zástřiky, odřeniny, nedostatečně líčující dělicí roviny, špatně vyleštěná žebra a podkladové plochy pro dezén. Které výrobce bez větších problémů odstranil během následujících zkoušení nástroje.

Dále se na dně kapsy plastového dílu, které bude zakryto koberečkem, a proto není nutno řešit. Objevily očekávané defekty v podobě propadlin od příliš tlustých žebber a opticky rozdílná (tmavší) oblast od vstřikovací trysky.

V případě delší pauzy produkce se při opětovném spuštění výroby na prvním plastovém díle objevuje zdegradovaný materiál v oblasti plnicí trysky. Tato závada může mít příčinu jak v nástroji, tak ve výrobním lisu, nebo ve zpracovávané šarži a přípravě granulátu. Avšak jedná se pouze o první výpadkový kus, který by se i bez tohoto defektu vyhodil, proto nemá smysl se touto závadou vůbec zabírat.



Obr. 4.44: Plastový díl

Vyskytl se problém s proznačením turbulencí na pohledových stranách plastového dílu. Způsobený žebrem napojeným právě na pohledovou stranu. Tyto turbulence plastového materiálu se dají úspěšně odstranit. Jak bylo odzkoušeno vytvrzující modelínou, provizorním přerušením třemi milimetry problematického žebra (Obr. 4.45). Největší problém tohoto defektu je, že pokud nástroj projde povrchovou úpravou dezénu. Poté bude velmi obtížné provést modifikaci přerušení žebra, bez větších komplikací. Pro provedení modifikace, je totiž nezbytné navářet v oblasti dezénu. Které následně

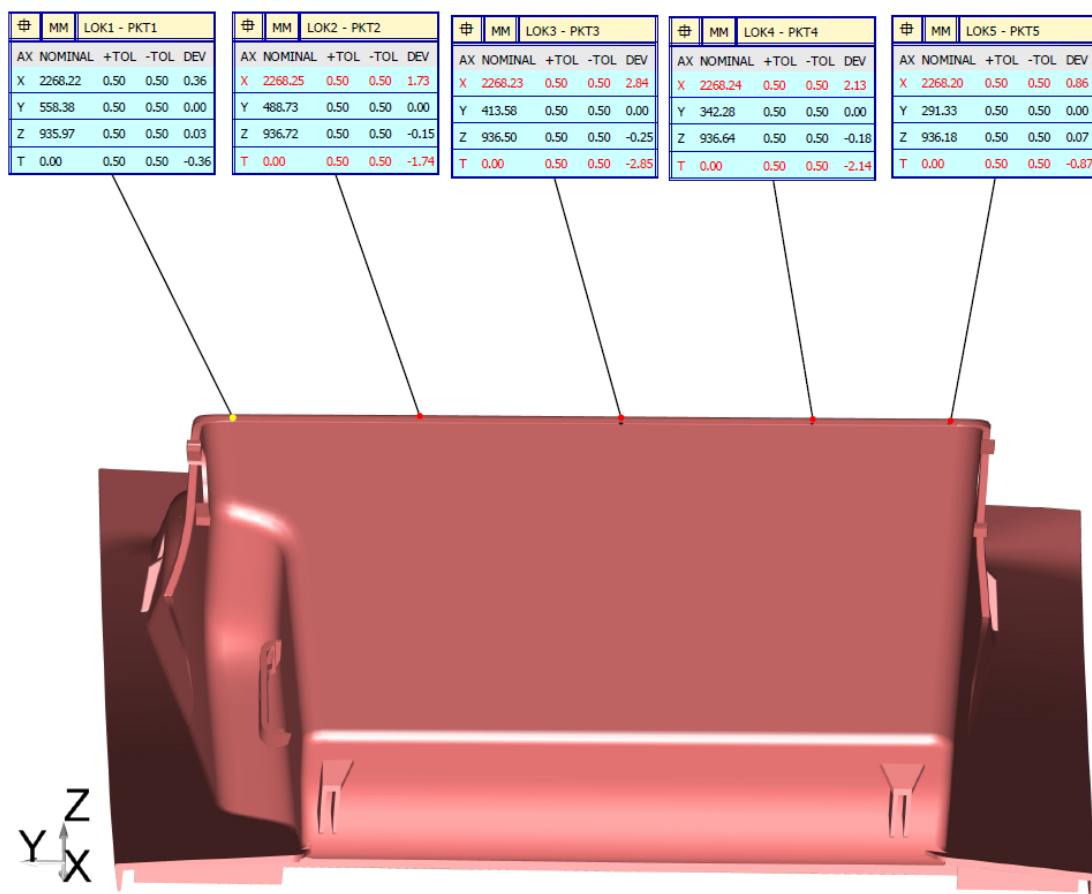
v lepším případě obnáší lokální opravu (obnovení) dezénu novým leptáním. Nesoucím sebou riziko optických defektů jako je viditelná hranice nebo rozdílnost lesků mezi původní a novou oblastí dezénu. V horším případě hrozí nutnost stržení (odstranění) celého dezénu a úplně nového dezénování. Samozřejmě naváření již i v této fázi (bez dezénu) sebou nese určité riziko optických defektů po dezénu. Avšak toto riziko lze výrazně ponížit tepelnou úpravou při naváření a po něm, pro dosažení co možná nejhomogennější struktury bez pnutí. Dále modifikace v této fázi je výrazně úspornější, co se týče času i finančních nákladů. U těchto turbulencí je velké riziko, že tento optický defekt úplně neskryje estetický dezén. Pravděpodobně bude méně viditelný, ale nejspíš úplně nezmizí bez modifikace přerušení žebra. Jedná se o design zákazníka, proto je rozhodnutí na něm. Zda uhradí veškeré náklady na modifikaci plastového dílu pro vyřešení defektu. Nebo zda defekt vyhodnotí jako kvalitativně přijatelný.



Obr. 4.45: Vlevo turbulence od žebra, vpravo bez turbulencí s provizorně přerušeným žebrem

Jak předpovídaly simulace změny tvaru, největší problémy s deformacemi (Obr. 4.46). Tzv. box efekt, nastaly v zadní oblasti kapsy plastového dílu. Dle simulací by deformace měla být 2,48mm, ve skutečnosti je však ještě větší o 0,36mm s hodnotou 2,84mm. Ačkoliv je forma vyrobena

správně dle dat a těsně po vyhození je díl „rovný“ dle výkresu. Až poté nastávají deformace dílu smrštěním mimo nástroj. Ponižení deformací lze dosáhnout různými způsoby. Nejjednodušší způsob je změnou procesních parametrů. Dle simulací nastavením teploty tvárnice z 30°C na 15°C, při zachování teploty tvárníku 30°C. Lze dosáhnout zlepšení „narovnání“ o cca 0,6mm. Také poměrně jednoduchá je změnou chapadla robota. Který v současnosti funguje jako deformátor, bohužel plastový díl prohýbá na špatnou stranu. Čímž deformace zhoršuje při odebrání dílu. Odstraněním jedné vakuové přísavky, která díl prohýbá uprostřed inkriminované oblasti. Nahrazením dvěma přísavkami po stranách zadní stěny se dosáhne mírného zlepšení o cca 0,2mm. Další způsoby jsou již více náročné a vyžadují designovou změnu na zadní straně plastového dílu, tím i konstrukční zásah do formy. Nejeftivnější by byla prodloužením lemového okraje dílu. Čímž by se i výrazně zvýšila tuhost dílu v této oblasti. Která je velmi nízká a pouhým lehkým uchopením se celá stěna prohýbá dle směru tažení. Další možná změna je v podobě přidání horizontálních tenkých žeber pod lemovým okrajem dílu. Tato změna by měla velice podobný dopad, pouze v menším měřítku jako prodloužení lemu. Je možné jí aplikovat ve variantě s prodloužením lemu i bez. Pro zjištění konkrétní hodnoty o kolik by se deformace snížila. By se musel připravit 3D model plastového dílu s modifikacemi a spustit na něm výpočet simulace změny tvaru. Jelikož tato prohnutá hrana stěny v zástavbě automobilu není úplně dobře viditelná. Protože je v zákrytu ostatních komponentů přístrojové desky nad ní, i v otevřené poloze přihrádky spolujezdce. Proto zde není velký tlak na další zlepšování deformací i z důvodu, protože se jedná o design zákazníka. Který by musel veškeré modifikace plastového dílu zaplatit, a tyto vícenáklady se zřejmě nevyrovnávají přídavné hodnotě modifikací dílu. Nehledě na to, že by stoupla hmotnost plastového dílu a tím i výrobní náklady.



Obr. 4.46: Deformace v zadní oblasti kapsy plastového dílu

4.3 Parametry procesu vstřikování

Celý proces vstřikování, včetně pohybů sériového výrobního lisu a chapadla se musí ještě optimalizovat. Jak z hlediska dosažení požadované kvality plastového dílu. Tak z hlediska dosažení zadaných kalkulovaných časů výrobního cyklu. Konečné ladění celého procesu bude probíhat při zkoušení nástroje po povrchové úpravě formy estetickým dezénem. Po kterém některé optické defekty zmizí úplně, nebo se jen zlepší a nějaké naopak mohou přibýt. Také se změní tloušťka (hmotnost) dílu, teprve poté bude moci probíhat finální validace výrobního cyklu a kvality plastového dílu.

Dle současného automatického výrobního cyklu s odebíráním dílu robotem a technické karty parametrů procesu vstřikování (Obr. 4.47 + Obr. 4.48). Je celkový výrobní čas cyklu jednoho plastového dílu 60s, oproti zadaným prvotním kalkulacím 50s. Jak již bylo zmíněno, celý proces se musí ještě optimalizovat. Avšak i přes všechny časové úspory, skrývající se nejvíce

v pohybech výrobního lisu (otevření, zavření), nástroje (njetí, vyjetí čelistí, vyhazování a prodlevy mezi jednotlivými pohyby) a manipulace s dílem chapadlem (trajektorie robota). Přesto s největší pravděpodobností nebude možné dosáhnout požadovaného výrobního cyklu dle kalkulací 50s. Reálně s výše uvedenými a dalšími optimalizacemi bude možné dosáhnout výrobní cyklus tak 55s. Problém tkví v komplexnosti designu plastového dílu použitého jako podklad k prvotním kalkulacím. Kde nebylo zapotřebí zdaleka takové množství posloupných (sekvenčních) pohybů formy pro odformování dílu. Tudíž tyto časy nebyli zahrnuty v kalkulaci a nyní způsobují prodloužení výrobního času cyklu. Tyto fakta s cílem prodloužení výrobního cyklu na jeden plastový díl. Budou muset být projednány se zákazníkem později, těsně před sériovým náběhem nástroje tzv. SOP.


Výsledná současná hmotnost plastového dílu 635g je nižší než výkresová 648,8g a proto je v pořádku. Samozřejmě díl po dezénu bude těžší, kvůli navýšené tloušťce jeho stěny. Také hmotnost se může zvýšit, popřípadě snížit, dle finálních vstřikovacích parametrů, nebo pokud vyvstane potřeba nějaké designové změny plastového dílu. Proto i výsledná konečná hmotnost dílu ve výkresu bude změněna a projednána se zákazníkem později, těsně před sériovým náběhem projektu.

<h1 style="margin:0;">TECHNICKÁ KARTA</h1> <h2 style="margin:0;">PROD-TC-B479-BL700-25</h2>		SCHVÁLIL:	
		Technolog vstřikování	
		DATUM:	
		13.4.2016	
FORMA	NÁZEV DÍLU	MATERIÁL A ČÍSLO	REVIZE ČÍSLO
BL700	Panel Swing bin LHD	PP EPDM TD20 ADX5017E JA6	1
	TRYSKA	Poz. trysky (mm)	STROJ
	Standardní	75 ±2mm	25
	PROGRAM STROJE / DATA		PROGRAM ROBOTY
	B104 M25 sr20 07-04-2016		B104 otw I 100

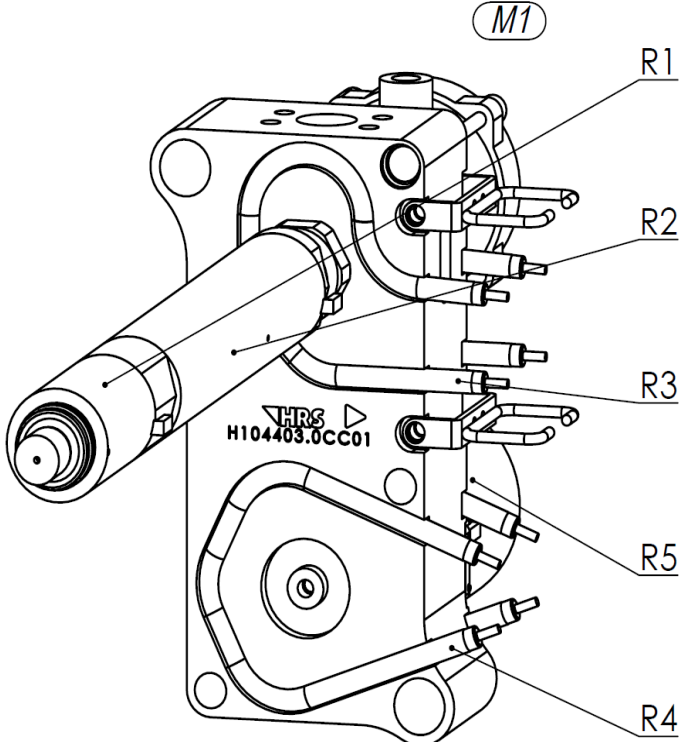
PARAMETRY VSTŘIKOVÁNÍ																												
VSTŘÍK			DOTLAK			UZAVÍRATELNÉ TRYSKY (KASKÁDY)																						
	POZ.	TLAK	RYCHL		TLAK	RYCHL	ČAS	OTEVŘENO	ZAVŘENO	DOTLAK																		
Vstřík 1	90	40	±5	Dotlak 1	20	10	±5	10	±0.5																			
Vstřík 2	55	90	40	±5	Dotlak 2		±5		±0.5																			
Vstřík 3				±5	Dotlak 3		±5		±0.5																			
Vstřík 4				±5	Dotlak 4		±5		±0.5																			
Vstřík 5				±5	Dotlak 5		±5		±0.5																			
Vstřík 6				±5																								
	±5	45	Bod přepnutí																									
	±5	67	Pozice přepnutí																									
	±2	97	Čas přepnutí																									
PLASTIFIKACE - DÁVKOVÁNÍ			DEKOMPRES			ČASY (s)																						
	POZ.	TLAK	RYCHL	PROTIT		POZ.	TLAK	RYCHL																				
Dáv.1	80	80	5	±5	Dekomp.		±5																					
Dáv.2				±5	Dek. Režim	BEZ		ČAS		POZ.																		
Dáv.3				±5	Poz. Startu vstříku	127	mm ±2																					
Dáv.4				±5	DEKOMPRES PŘED DÁVKOVÁNÍM: NEPOUŽÍVAT																							
Dáv.5				±5																								
Dávka	120																											
	Polštář	34,4	mm ±2		RYCHLÉ ZAVÍRÁNÍ																							
ZAVÍRÁNÍ / OTEVÍRÁNÍ FORMY			UZAVÍRACÍ SÍLA (Tn)			SEKVENCE ŘÍZENÍ																						
	POZ.	TLAK	RYCHL		POZ.	TLAK	RYCHL	360 ±30																				
Zavírání #1	60	80	±0	Otevírání #1	90	30	±10	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">Jádro A</td> <td style="text-align: center;">Jádro B</td> <td style="text-align: center;">Jádro C</td> <td style="text-align: center;">Jádro D</td> <td style="text-align: center;">Jádro E</td> </tr> <tr> <td>Najet</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Vyjjet</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td></td> </tr> </table>				Jádro A	Jádro B	Jádro C	Jádro D	Jádro E	Najet	4	3	2	1		Vyjjet	1	2	3	4	
	Jádro A	Jádro B	Jádro C	Jádro D	Jádro E																							
Najet	4	3	2	1																								
Vyjjet	1	2	3	4																								
Zavírání #2	850	60	60	±0	Otevírání #2	450	90				35	±10																
Zavírání #3	600	60	30	±0	Otevírání #3	600	90				55	±10																
Ochrana	200	13	30	±5		850	90	60																				
		140	30	±5		1050	90	60																				
Uzavírací síla	5	± 0.5		Konec otev.	1100	±2																						
Čas ochrany	3	± 0.2																										
ŘÍZENÍ																												
A	TLAK	RYCHL	POZ.	ČAS	tolerance [± 10 dle tlaku i rychlosti]																							
Jádro najet	50	15	0																									
Jádro vyjet	140	40	0																									
B	TLAK	RYCHL	POZ.	ČAS																								
Jádro najet																												
Jádro vyjet																												
C	TLAK	RYCHL	POZ.	ČAS																								
Jádro najet	60	40	1100																									
Jádro vyjet	60	40	1100																									
D	TLAK	RYCHL	POZ.	ČAS																								
Jádro najet	50	10	1100																									
Jádro vyjet	50	50	1100																									
E	TLAK	RYCHL	POZ.	ČAS																								
Jádro najet	60	20	1100																									
Jádro vyjet	60	20	1100																									
Vybraný důvod																												
PROTI VYH.																												
ŠMOUHY, ODLESKY, LESK - VIZUÁLNĚ NOK					Pokud vybrané příčina vyžaduje přezkoumání napiš komentář níže																							
Legenda Parametry vstřikovacího procesu Vytvořil: Technologie																												

Obr. 4.47: Technická karta parametrů procesu vstřikování 1/2

TECHNICKÁ KARTA				SCHVÁLIL:	
PROD-TC-B479-BL700-25				Technolog vstřikování	
BL700				DATUM:	
Panel Swing bin LHD				13.4.2016	
FORMA		NÁZEV DÍLU		MATERIÁL A ČÍSLO	
BL700		Panel Swing bin LHD		PP EPDM TD20 ADX5017E JA6	
TRYSKA		STROJ		PROGRAM STROJE / DATA	
Standartní		75 ±2mm		25	
Standartní		75 ±2mm		B104 M25 sr20 07-04-2016	
REVIZE ČÍSLO				PROGRAM ROBOTA	
1				B104 otw 1100	

TEPLOTA AGREGÁTU				TEPLOTA FORMY				TEPLOTA HK			
				PEVNÁ STRANA (°C) 20 ±5				ZÓNA 1 (°C) 190 ±15			
ZÓNA 1 - TRYSKA - TEPLOTA (°C) 190 ±10				POHYBLIVÁ STRANA (°C) 20 ±5				ZÓNA 2 (°C) 190 ±15			
ZÓNA 2 -TEPLOTA (°C) 190 ±10				ČELISTI PEVNÁ STRANA (°C) 20 ±5				ZÓNA 3 (°C) 190 ±15			
ZÓNA 3 -TEPLOTA (°C) 190 ±10				ČELISTI POHYBLIVÁ STRANA (°C) 20 ±5				ZÓNA 4 (°C) 190 ±15			
ZÓNA 4 -TEPLOTA (°C) 190 ±10				POČET OKRUHŮ PEVNÁ STRANA				ZÓNA 5 (°C) 190 ±15			
ZÓNA 5 -TEPLOTA (°C) 190 ±10				9				ZÓNA 6 (°C) 190 ±15			
ZÓNA 6 -TEPLOTA (°C) 190 ±10				POČET OKRUHŮ POHYBLIVÁ STRANA				ZÓNA 7 (°C) 190 ±15			
ZÓNA 7 -TEPLOTA (°C) 190 ±10				6				ZÓNA 8 (°C) 190 ±15			
ZÓNA 8 -TEPLOTA (°C) 190 ±10				TEPLOTA SUŠENÍ				ZÓNA 9 (°C) 190 ±15			
ZÓNA 9 -TEPLOTA (°C) 190 ±10				TEPLOTA SUŠENÍ (°C) 80 ±10				ZÓNA 10 (°C) 190 ±15			
ZÓNA 10 -TEPLOTA (°C) 190 ±10				ČAS SUŠENÍ min 240 ±10				ZÓNA 11 (°C) 190 ±15			
ZÓNA 11 -TEPLOTA (°C) 190 ±10				HMOTNOST VSTŘIKU (g)				ZÓNA 12 (°C) 190 ±15			
ZÓNA 12 -TEPLOTA (°C) 190 ±10				* dotlaku 635 bez dotlaku				ZÓNA 13 (°C) 190 ±15			
ZÓNA 13 -TEPLOTA (°C) 190 ±10				DETAIL 1 LH1 (GN 1)				ZÓNA 14 (°C) 190 ±15			
ZÓNA 14 -TEPLOTA (°C) 190 ±10				DETAIL 2 RH1 (GN 2)				ZÓNA 15 (°C) 190 ±15			
ZÓNA 15 -TEPLOTA (°C) 190 ±10				DETAIL 3 LH2 (GN 3)				ZÓNA 16 (°C) 190 ±15			
ZÓNA 16 -TEPLOTA (°C) 190 ±10				DETAIL 4 RH2 (GN 4)				ZÓNA 17 (°C) 190 ±15			
ZÓNA 17 -TEPLOTA (°C) 190 ±10				DETAIL 5				ZÓNA 18 (°C) 190 ±15			
TEPLOTA NÁŠYPKY (°C) 85 ±5				CELKEM:				635			
LESK				CELKEM:				635			

Poznámky:		Jméno:	
Vakuum 1:	60		
Vakuum 2:	60		



Legenda Parametry vstřikovacího procesu Vytvořil: Technologie

Obr. 4.48: Technická karta parametrů procesu vstřikování 2/2

5 ZÁVĚR

Automobilový průmysl je v dnešní době nejdůležitějším průmyslovým odvětvím zejména v rozvinutých zemích světa. Proto v úvodu diplomové práce je seznámení s firmou Grupo Antolin. Která působí jako dodavatel interiérových dílů pro automobilový průmysl nejrozmanitějších značek po celém světě.

V první části práce probíhá seznámení s technologií, zejména se vstřikováním plastů. Konstrukčními zásadami a vodítky pro formy zpracování plastů. Dále s estetickými dezény, které jsou velmi důležité a ve většině použity pro pohledové plastové díly o kterém pojednává diplomová práce.

V druhé části se práce zabývá zadáním plastového materiálu a jeho smrštění. Definicí (specifikací) dezénu a plastového dílu (výkresy) - otevírací přihrádka u spolujezdce v automobilu. Zadáním sériového vstřikovacího lisu a dalšími požadavky na nástroj jako minimální životnost a celkový výrobní čas jednoho plastového dílu. Daným zpracovávaným plastovým materiálem určuje použití jaké nástrojové oceli a její zušlechťení pro jednotlivé komponenty formy. Dále je probírána samotná konstrukce vstřikovací formy v několika možných variantách kinematických koncepcích. Rozborem potřebných konstrukčních prvků a komponentů s vizuálním zobrazením na skicách. Pro jednotlivé koncepce je definována sekvence odformování plastového dílu – posloupnost pohybů jednotlivých komponentů formy. Výhody a nevýhody dané konfigurace s následným výběrem a odůvodněním nejvhodnějších variant. Na základě vybraných variant kinematických koncepcí. Byly postupně v jednotlivých krocích rozebrány a aplikovány nezbytné designové změny plastového dílu. Dle vyrobitelnosti s vizuálním zobrazením na skicách před a po provedení změny. Pro jednotlivé simulace, byl nejprve definován plastový materiál s charakteristikami od výrobce. Simulací plnění bylo ověřeno, že se plastový díl bez problému naplní. I v nejbližších oblastech od definovaného místa pro jednu plnicí trysku. Byly stanoveny teoretické hodnoty procesu vstřikování. Simulací chlazení byly zefektivněny konstrukčním zásahem chladicí okruhy. Které byly poté validovány jako dostatečně efektivní, pro chlazení formy s příznivě malými rozdíly v teplotách uvnitř chlazení. S

dosaženým turbulentním prouděním pro dobrý převod tepla z oceli nástroje do média chladícího okruhu. Pro vizualizaci simulace změny tvaru bylo použito zvětšující měřítko 4x. Ukazovalo celkového posunutí v simulovaných směrech „X“, „Y“ a „Z“ zahrnující všechny efekty. Od smrštění, přes teplotní rozdíly, až po vyhození a vychladnutí plastového dílu na pokojovou teplotu. Pro vážné změny tvaru ve směru „Y“ s kořeny v designu plastového dílu tzv. box efektem. Byla spuštěna nová simulace s upravenými procesními parametry pro snížení deformací.

V poslední části se zhodnocuje výsledek celé práce rozdělený na vstřikovací formu, plastový díl a parametry procesu vstřikování. U vstřikovací formy jsou obsaženy vyhovující rozměry, hmotnosti, výkresy. I fotky fyzicky zhotoveného nástroje s odebíráním plastového dílu z formy manipulačním chapadlem. Byla validována správná funkce chladících i hydraulických okruhů, včetně zvoleného hydraulického zamykacího válce. Který při vstřikování ani ve fázi dotlaku necouvá. Kinematika, mechanika a pohyby celé formy fungují, tak jak mají plynule bez jakýchkoliv známek zadírání. Chod nástroje v automatickém výrobním cyklu je hladký s bezproblémovým odebíráním plastového dílu z vyhazování chapadlem robota. Plastový díl již od prvního zkoušení formy u dodavatele nástroje byl ve velmi slušné kvalitě. Vyskytl se problém s proznačením turbulencí na pohledových stranách. Způsobený žebrem, které se dají úspěšně odstranit přerušením problematického žebra. Dle simulace změny tvaru se objevil problém s deformacemi tzv. box efekt. V zadní oblasti kapsy plastového dílu, ve skutečnosti však ještě o něco větší. Pro snížení deformací bylo navrženo několik možných řešení. Jelikož tato prohnutá hrana stěny v zástavbě automobilu není úplně dobře viditelná. Protože je v zákrytu ostatních komponentů přístrojové desky nad ní i v otevřené poloze přihrádky spolujezdce. Není zde velký tlak na další zlepšování deformací. Parametry vstřikování včetně celého procesu se budou muset ještě optimalizovat. S hlavním cílem pro snížení celkového výrobního času cyklu jednoho plastového dílu. Časovou úsporou hlavně pohybů výrobního lisu, nástroje a manipulace s dílem chapadlem.

Diplomová práce vznikla na základě finanční podpory projektu studentské grantové soutěže /SGS 21122/.

LITERATURA

- [1] LENFELD, P.: Technologie II (Zpracování plastů) – KSP, fakulta strojní, TU v Liberci, 2005
- [2] Interní materiály firmy Grupo Antolin
- [3] Web materiály firmy Eschmann, <http://www.eschmanntextures.de/en/>
- [4] KANDUS, Bohumil: Přednášky z Technologie zpracování plastů. FSI VUT v Brně. 2007
- [5] Web materiály firmy Cytec, <http://www.cytectsystems-uk.com/>
- [6] BOBČÍK, L. a kol.: Formy pro zpracování plastů I. díl – vstřikování termoplastů. 2. vyd. BRNO: UNIPLAST, 1999
- [7] BOBČÍK, L. a kol.: Formy pro zpracování plastů II. díl – Vstřikování termoplastů. 1. vyd. BRNO: UNIPLAST, 1999
- [8] Web materiály firmy HASCO, <http://www.hasco.com/>
- [9] Řehulka, Z.: Konstrukce výlisků z plastů a forem pro zpracování plastů, Polymery, Brno 2013, ISBN 978-80-7204-833-5
- [10] KUTA, A.: Technologie a zařízení pro zpracování kaučuků a plastů. Praha: VŠCHT, 1999.
- [11] Běhálek L.: Teorie zpracování nekovových materiálů / Zpracování plastů – Vtoková soustava, [online]
- [12] Web materiály firmy Synventive, <http://www.synventive.com/>

- [13] Web materiály firmy Mold-tech - Standex, <http://www.mold-tech.com/standex.php>
- [14] Web materiály firmy Adadvanced Composites, <http://www.advcmp.com/>
- [15] Web materiály firmy Haitian, <http://www.haitian.com/en/>
- [16] Web materiály firmy Krüth, <http://krueth.de/?lang=en>
- [17] Web materiály firmy HRS, <http://www.hrsflow.com/eng/>
- [18] SOVA, M.: Termoplasty v praxi. Praha: Verlag Dashofer s.r.o., 2001. ISBN 80-86229-15-7.
- [19] ŠAFAŘÍK M.: Nástroje pro tváření kovů a plastů I. /skripta/ VŠST Liberec, 1987.
- [20] STOECKHERT, K.: Mold-Making Handbook, Carl Hanser Verlag, 1998.
- [21] GASTROW, H.: Injection Moulds, 130 Proven design, Hanser, 2002.