

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: Strojírenská technologie – technologie obrábění

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Analýza příčin zmetkovitosti
vyráběných desek do forem pro vstřikování plastů

Autor: Ing. **Pavλίna REŠLOVÁ**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Helena ZÍDKOVÁ, Ph. D.**

Akademický rok 2016/2017

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta strojní
Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Ing. Pavlína REŠLOVÁ**
Osobní číslo: **S14B0140K**
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Strojírenská technologie-technologie obrábění**
Název tématu: **Analýza příčin zmetkovitosti vyráběných desek do forem pro vstřikování plastů**
Zadávací katedra: **Katedra technologie obrábění**

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

1. Teoretický úvod do problematiky
2. Analýza současného stavu, popis problému
3. Návrh řešení dané problematiky
4. Technicko-ekonomické hodnocení
5. Závěr

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah kvalifikační práce: **30 - 40 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

- Staněk, Jiří, Němejc, Jiří : Metodika zpracování a úprava diplomových (bakalářských) prací /1. vyd.. Plzeň : 2005. ISBN 80-7043-363-9.
- SOVA, František. Technologie obrábění a montáže. 3. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2001. ISBN 80-7082-823-4.

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Helena Zídková, Ph.D.**
Katedra technologie obrábění

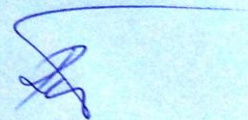
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Jaroslav Habich**
Husky - KTW s. r. o.

Datum zadání bakalářské práce: **17. října 2016**

Termín odevzdání bakalářské práce: **2. června 2017**



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan



Doc. Ing. Jan Rehoř, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 19. října 2016

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne:

.....
podpis autora

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ (BAKALÁŘSKÉ) PRÁCE

AUTOR	Příjmení Rešlová	Jméno Pavčina		
STUDIJNÍ OBOR	„Strojírenská technologie – technologie obrábění“			
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Zidková, Ph. D.	Jméno Helena		
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST – KTO			
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte	
NÁZEV PRÁCE	Analýza příčin zmetkovitosti vyráběných desek do forem pro vstřikování plastů			

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KTO	ROK ODEVZD.	2017
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	41	TEXTOVÁ ČÁST	39	GRAFICKÁ ČÁST	
---------------	----	---------------------	----	----------------------	--

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Cílem této práce je nalezení možné příčiny způsobující prohýbání desek pro vstřikovací formy na plast. K řešení problematiky je popsáno základní rozdělení plastů, zpracování a popis základních vstřikovacích forem. Problém je řešen diagramem příčin a následků. Přínosem je nalezení nejpravděpodobnější příčiny problému.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p>Plasty, vstřikování plastů, vstřikovací formy, desky vstřikovacích forem, nástroje jakosti, diagram příčin a následků</p>

SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

AUTHOR	Surname Rešlová	Name Pavčina	
FIELD OF STUDY	“Manufacturing Processes – Technology of Metal Cutting“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Zidková, Ph. D.	Name Helena	
INSTITUTION	ZČU - FST - KTO		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	The analysis of defects caused during the production of plates for injection moulding		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KTO	SUBMITTED IN	2017
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	41	TEXT PART	39	GRAPHICAL PART	
----------------	----	------------------	----	-----------------------	--

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The aim of this work is to find a possible cause of defects caused during the production of plates for injection molding. To solve the problem is described the basic distribution of plastics, the processing and description of basic injection molds. The problem is solved by a cause and effect diagram. The benefit is finding the most likely cause of the problem.
KEY WORDS	Plastics, injection molding, injection molds, injection molding plates, quality tools, cause and effect diagram

Obsah

1	Úvod	8
2	Plasty	9
2.1	Rozdělení plastů	9
2.2	Zpracování plastů	10
2.3	Vstřikování plastů	11
3	Vstřikovací formy na plast	14
3.1	Struktura a činnost vstřikovacích forem.....	14
3.2	Vnější část zavřené formy.....	14
3.3	Vnější část otevřené formy.....	16
3.4	Řez formou	17
3.5	Odvod tepla z formy (systém chlazení)	18
3.6	Desky formy.....	19
3.6.1	Návrh desek.....	21
3.6.2	Rozmístění dutin.....	21
3.6.3	Velikost desek.....	22
3.6.4	Rozměr formy vhodný k upnutí na vstřikovací lis.....	24
3.6.5	Materiál desek pro vstřikovací formy.....	26
4	Nástroje řízení kvality	27
4.1	Diagram příčin a následků	28
5	Popis problému	30
6	Analýza problému.....	31
6.1	Lidé	32
6.1.1	Nedodržení pokynů	32
6.2	Metody	32
6.2.1	Nevhodné skladování	32
6.2.2	Nevhodné přepravování.....	32
6.3	Kontrola	33
6.3.1	Nedostatečná kontrola rovinnosti.....	33
6.4	Materiál	34
6.4.1	Nevhodný materiál	34
6.4.2	Nevhodná velikost polotovaru	34

6.5	Dodavatel	34
6.5.1	Záměna materiálu	35
6.5.2	Zhoršená kvalita	35
6.6	Bodové zhodnocení	35
7	Zhodnocení	36
8	Závěr	38

1 Úvod

Firma má mnoholeté zkušenosti s výrobou vstřikovacích forem pro plastové uzávěry. Průměrná hmotnost zde vyráběných sériových forem je přibližně okolo 2500 kg s příkladem velikosti pro představu 796x696x550mm. Firma se pyšní tím, že její formy jsou rychlé a přesné. Přesností se rozumí to, že hotový výlisek je bez otřepů a nedostatků jako různé staženiny, deformace nebo studené spoje. K držení dané kvality je i nutná přesná výroba a kvalitní použité díly v sestavě.

V poslední době se při výrobě začal vyskytovat problém. Jedná se o výrobu desek, které tvoří základní rám celé formy. Desky na sobě v sestavě dosedají a musejí proto splňovat určitou přesnost tloušťky a rovinnost. Na přesný rozměr tloušťky jsou obráběny broušením. Jako polotovar jsou kupované již vyrobené desky s rozměrem blízkým hotové desce. Desky jsou broušené až po provedení hrubovacích operací. Při broušení se začaly objevovat nedostatky v podobě neobroušených ploch zapříčiněné prohnutím desek. Deska byla po obrábění zdeformovaná a nebylo dosaženo požadovaných rozměrů. Následoval nutný zásah konstrukce nebo zcela nová deska. Výroba se tak zdražovala a prodlužovala.

Cílem této práce je nalezení a řešení příčin vzniku problémů s prohýbáním a zhoršením kvality obráběných desek pro vstřikovací formy. V první části práce bude stručně popsána obecná funkce a struktura forem, materiál desek a požadavky na ně kladené. V druhé části pak analýza možných důvodů prohnutí desek a následně návrhy k odstranění příčin.

2 Plasty

Jelikož se tato práce nezabývá plasty jako takovými, bude níže pouze stručně popsáno základní rozdělení a zpracování.

2.1 Rozdělení plastů

Plasty jsou v dnešní době neodmyslitelnou součástí života a jejich zpracování výrazně ovlivňuje strojný průmysl a ekonomiku. Chemický průmysl přinesl celou škálu druhů s různými vlastnostmi a možnostmi pro konkrétní použití. Plasty neboli polymery se dle základního rozdělení dělí na:

- Termoplasty
- Reaktoplasty
- Kaučuky, pryže a elastomery

Termoplasty jsou polymery, které se působením tepla dostávají do plastického stavu. Tento stav lze nazvat vysoce viskózní Newtonovskou kapalinou. V této fázi lze termoplasty snadno tvářet do požadovaného tvaru a po ochlazení pod teplotu tání T_m (semikrystalické plasty) či pod teplotu viskózního toku T_f (amorfní plasty), termoplast opět ztuhne. Proces přechodu termoplastu z tuhé do kapalné fáze a obráceně je pouze fyzikální proces, probíhá beze změn chemické struktury. Díky tomu je teoreticky možné proces neomezeně opakovat. Mezi termoplasty se řadí například polyetylen (PE), polypropylen (PP), polystyren (PS), polyvinylchlorid (PVC), atd.

Reaktoplasty jsou polymery, které stejně jako termoplasty působením tepla změknou a je možné je tvářet do požadovaných tvarů, to je však pouze první fáze, která trvá určitou dobu. Dalším působením tepla vzniká chemická reakce (prostorové zasíťování struktury), která způsobí tzv. vytvrzování. Po dostatečném vytvrzení následuje ochlazení. Po vytvrzení již nejde reaktoplast znovu uvést do tekutého stavu. Druhým ohřevem tedy nedojde k roztavení ale k degradaci. Do skupiny reaktoplastů patří epoxidové pryskyřice, polyesterové hmoty, fenolformaldehydové hmoty, atd.

Kaučuky, pryže a elastomery jsou polymery, které se rovněž při zahřívání dostávají do tekuté fáze a lze je tvarovat, ale opět po určitou dobu kdy po jejím překročení dochází k chemické reakci (prostorové zasíťování struktury) tzv. vulkanizaci. Oproti reaktoplastům jsou pružné. Existují elastomery na bázi termoplastů. U nich lze proces změknutí a tuhnutí teoreticky neomezeně opakovat. [11] [2] [5]

2.2 Zpracování plastů

Zpracování plastů probíhá mnoha způsoby, kdy se pro různé metody hodí jiné plasty dle jejich technologických vlastností. Použitelnost plastů pro dané zpracování je také dána velikostí, tvarem a funkcí požadovaného výrobku. Dle vztahu stav výchozího materiálu vstupujícího do procesu a výsledek tohoto procesu je možné technologie rozdělit:

- Tvářecí technologie – tvar výchozího materiálu je kompletně změněn, tudíž dochází k zásadnímu přemístování částic. Proces tváření probíhá za použití tepla a tlaku zvlášť nebo současně. Mezi tyto technologie patří vstřikování, lisování, vytlačování, odlévání apod. Na konci je buď výsledný produkt, nebo polotovár k dalšímu zpracování.
- Tvarovací technologie – zde do procesu vstupuje polotovár, který mění svůj tvar bez velkého přemístování částic. V procesu je možné použití tepla a tlaků. K těmto technologiím patří ohýbání trubek, tvarování desek, výroba dutých těles, obrábění, spojování a spékání.
- Doplnkové technologie – do doplňkových technologií patří úprava vlastností plastů před zpracováním (míchání, sušení, granulace apod.), po zpracování jako finální úpravy výrobku (potisk, nátěr apod.) a recyklace.

Při výrobě výrobku se lze setkat s technologiemi, které patří do všech tří výše uvedených skupin. Každou technologii lze zpravidla rozdělit do tří fází:

- Příprava hmoty, polotovaru
- Vlastní zpracování
- Dokončovací operace

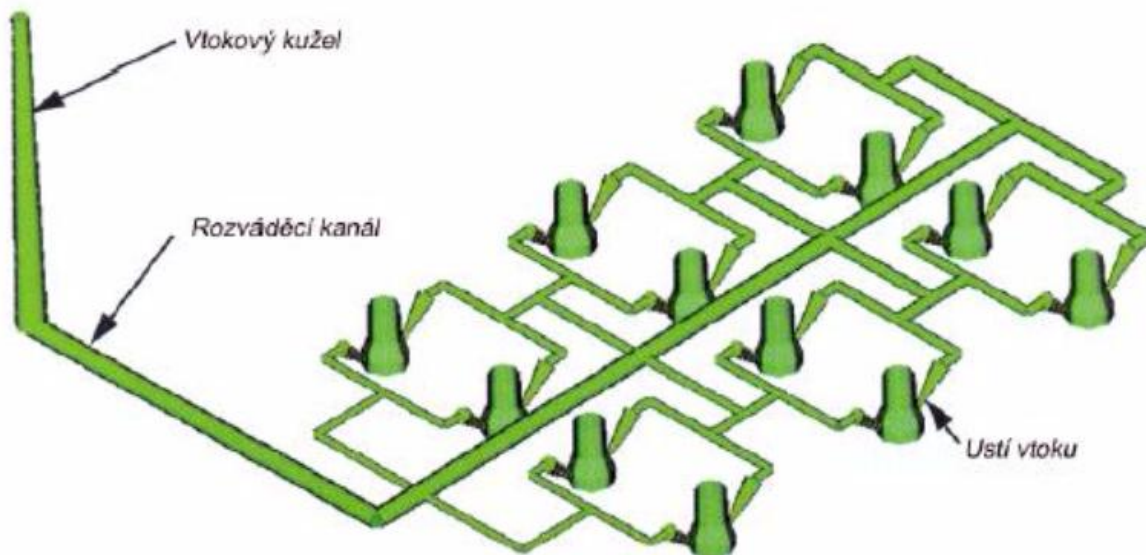
Zpracování plastů vyžaduje dané termodynamické podmínky umožňující vytvoření požadovaného tvaru bez nechtěného ovlivnění fyzikálních či chemických vlastností. Při

tváření, které nesouvisí s velkými přesuny hmoty, je materiál ohřát do stavu kaučukovitě elastického nebo viskózně tekutého. Pro větší přesuny je nutná vyšší teplota. Ta však nesmí překročit teplotu, která by vedla k degradaci materiálu tzv. teplotu rozkladu.

Správně zvolený proces a technologie zpracování má zásadní vliv na cenu a produktivitu. Volbu technologie pak ovlivňuje požadovaná kvalita výrobku, rozměrové přesnosti, tvar či velikost. [11]

2.3 Vstřikování plastů

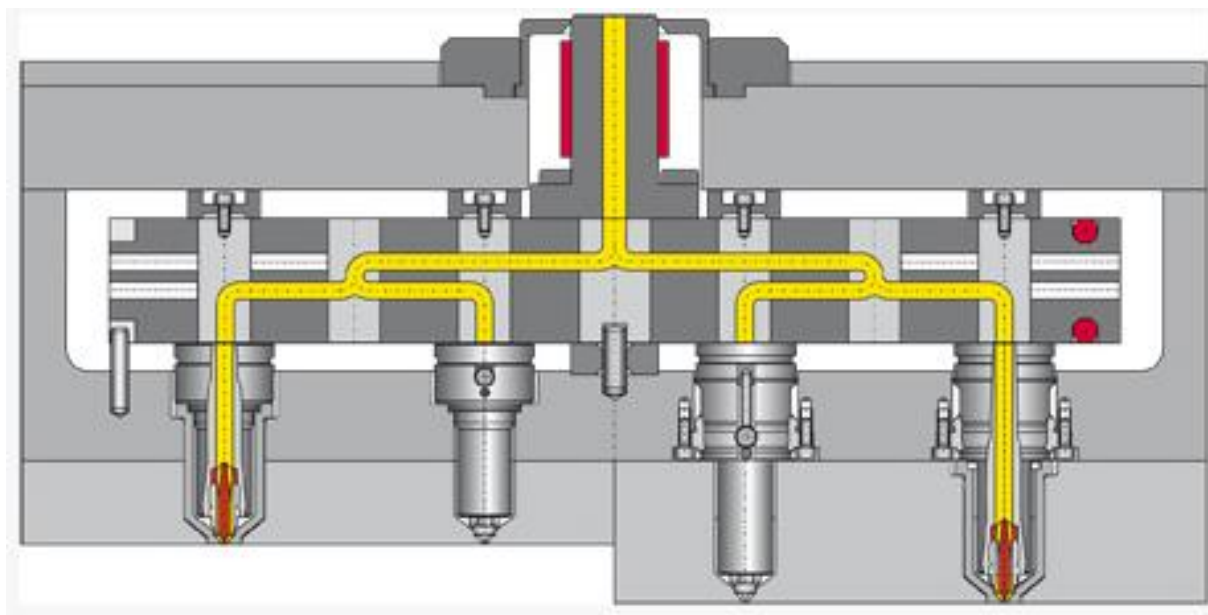
Vstřikování je technologie, která produkuje již hotové díly, polotovary nebo díly jako komponenty do sestav. Touto technologií se docílí vysoké tvarové i rozměrové přesnosti. Výrobky mají po vyrobení stejné mechanické i chemické vlastnosti. Vstřikovací technologie je proces diskontinuální, cyklický a je jednou z nejpoužívanějších technologií pro zpracování plastů. Touto metodou lze zpracovávat téměř všechny termoplasty, ale také některé reaktoplasty a kaučuky.



Obr. 1 Příklad rozvedení studěného vtoku – kanály jsou odpadem (převzato z[3])

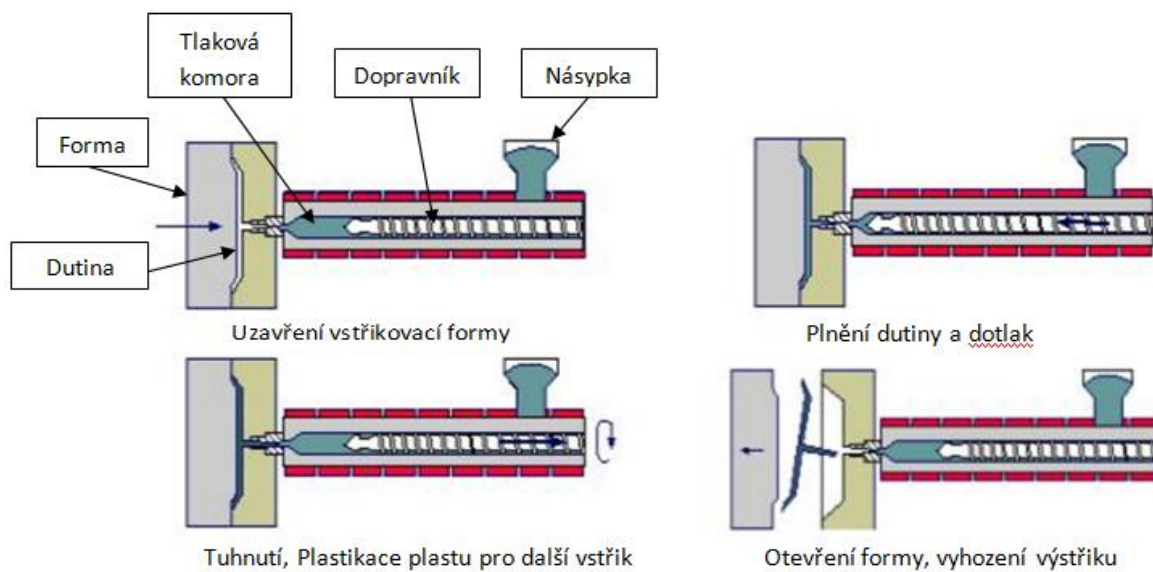
Proces vstřikování probíhá na vstřikovacím stroji-lisu dopravením předpřipraveného materiálu (nejčastěji ve formě granulí) z násypky pomocí dopravníku (šnek, píst) do tavicí tlakové komory. Zde je materiál roztaven a následně vysokou rychlostí vstříknut do dutiny

formy, kterou vyplní. Do dutiny je plast dopraven pomocí kanálů v deskách-studený vtok (obr. 1), nebo vyhřívanou vtokovou soustavou (obr. 2), kdy plast prochází ve formě vyhřívaným blokem a pomocí trysek je plast vstříknut přímo do dutiny. Systém s vyhřívaným blokem má výhodu pro velké série vylisků. Je však nákladnější díky samotnému bloku, ale i pro nárůst rozměrů formy.



Obr. 2 Příklad horkého vtoku – každá dutina má svou trysku – bez odpadu (převzato z [4])

Po ztuhnutí je vylisek vyhozen z formy. Jedná se buď již o hotový výrobek, nebo je dále postoupen k dalšímu zpracování. U vylisků ze studeného vtoku musí být odstraněny vtokové kanály. Tlaková komora, která je součástí lisu, je během procesu vstřikování trvale doplňována materiálem, aby bylo zajištěno kontinuální plnění formy. Proces je jednoduše znázorněn na obr. 3.



Obr. 3 Zjednodušené schéma vstřikovacího procesu (převzato z [1])

Mezi výhody vstřikování patří vysoká produktivita, krátké časy cyklů, možnost výroby tvarově složitých výrobků bez nutnosti dalšího opracování a výroby přesných výrobků. Nevýhodou je pak velká finanční investice do koupě formy a stroje, dále pak poměrně velké rozměry, v porovnání s konečným výrobkem. Výroba a vývoj formy je také časově náročný. [11] [5]

3 Vstřikovací formy na plast

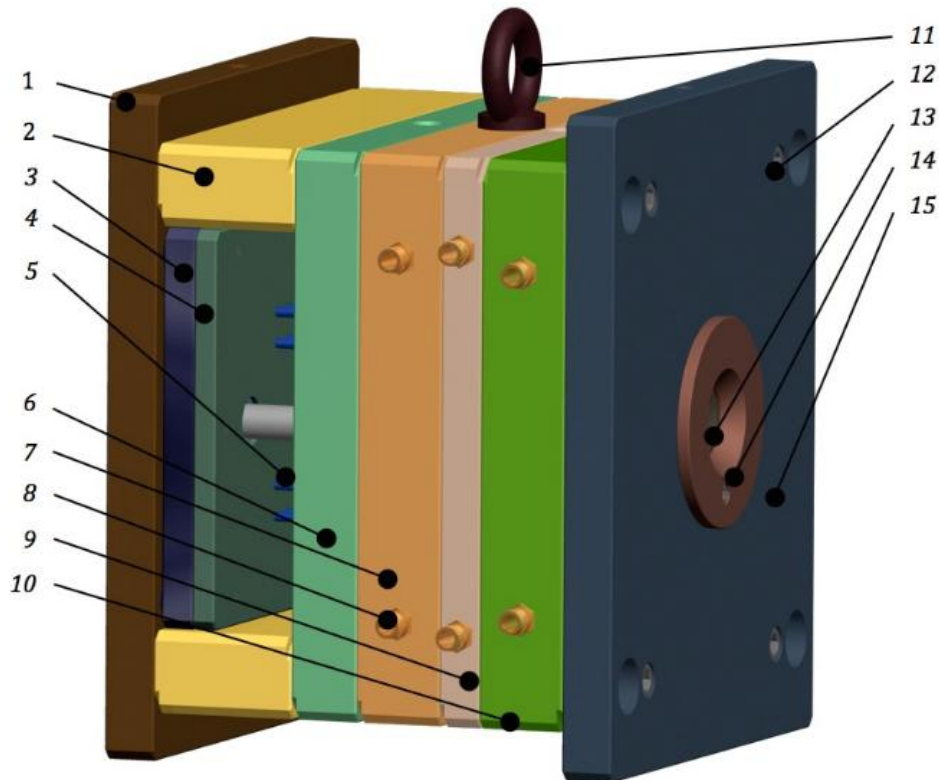
3.1 Struktura a činnost vstřikovacích forem

Pomocí vstřikovacích forem je možné s vysokou produktivitou zpracovávat termoplasty a produkovat různé plastové výrobky i s velice přesnými rozměry. Vstřikovací forma je kompletovaná z různých komponentů, které musejí odolávat mnoha vlivům a vydržet vysoký počet cyklů. Základní funkcí formy je dopravit roztavený termoplast do dutiny, která odpovídá požadovanému tvaru, a vyplní ji. Druhou funkcí je rychlý odvod tepla z dutiny, aby došlo ke ztuhnutí polymeru. Následně pak forma musí zajistit vyjmutí vylisku tj. odformování, opětovné zavření a opakování cyklu. Celý cyklus by pak měl být co nejrychlejší pro zajištění požadované produkce.

Vstřikovací formy mohou mít mnoho konstrukčních řešení a být různě složité. Pro tuto práci je plně dostačující popis dvoudeskových vstřikovacích forem viz obr. 4. [6]

3.2 Vnější část zavřené formy

Na obr. 4 je znázorněna dvoudesková vstřikovací forma se studeným vtokem. Ačkoliv se skládá z více desek, nazývá se dvoudesková, protože roztavený materiál přichází do styku pouze se dvěma deskami. Z obrázku je patrné, že forma je složená z mnoha desek, které jsou navzájem spojené pomocí šroubů s válcovou hlavou. Celá forma má dvě části – pohyblivou a pevnou viz obr. 5. Obě části mají upínací desku poz. 1 a 15, které slouží k upnutí jednotlivých částí na vstřikovací lis. Na desce č. 15 je připevněn středící kroužek, který zajišťuje přesnou polohu pro upnutí na lisu. Upnutí musí být provedeno na osu lisu, kde je poloha vstřikovací jednotky. V deskách poz. 7, 9 a 10 je vytvořená dutina. Tato dutina má tvar požadovaného vylisku a může být vytvořena přímo do desek nebo pomocí vložek upevněných v deskách. Použití vložek může přinést značnou úsporu v souvislosti s použitím kvalitních materiálů pro lepší mechanické vlastnosti, jako je odolnost proti abrazi nebo tepelná vodivost. Z kvalitnějšího materiálu je pak pouze vložka tvořící dutinu.



Obr. 4 Příklad dvoudeskové vstřikovací formy (převzato z [6])

Popis označených komponent na obr. 4:

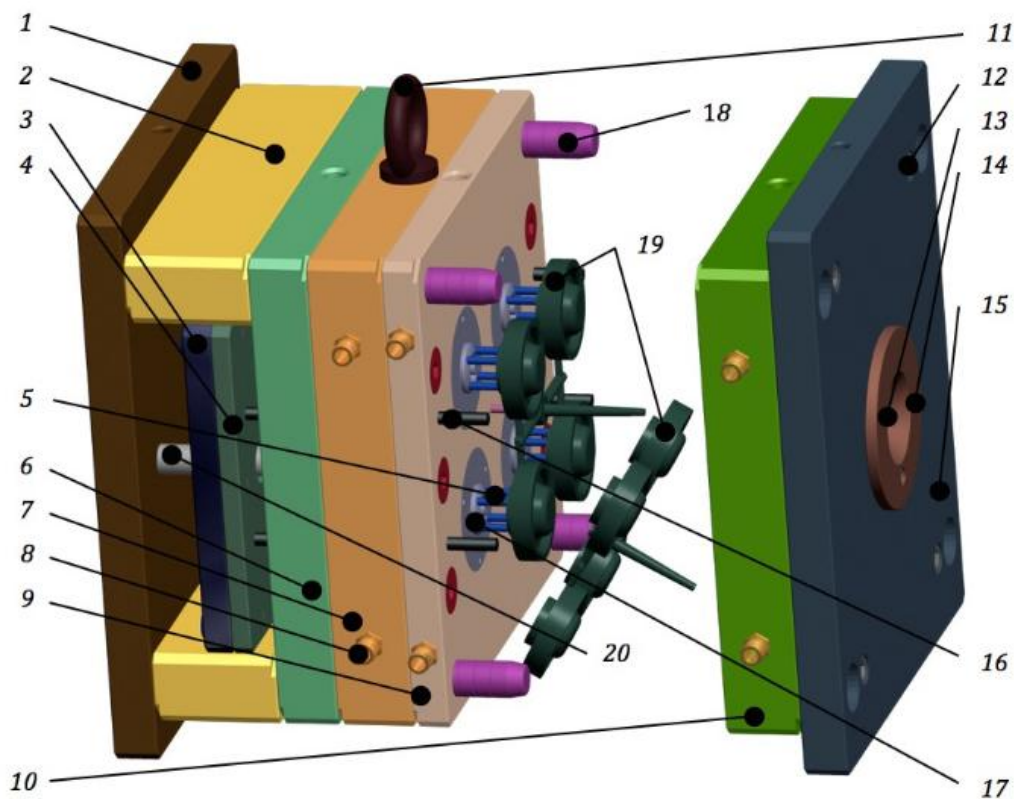
1 – upínací deska pohyblivé části vstřikovací formy, 2 – rozpěra, 3 – hlavní vyhazovací deska, 4 – přidržovací vyhazovací deska, 5 – vyhazovač, 6 – podpěrná deska, 7 – „B“ deska, 8 – přípojka chlazení, 9 – „C“ deska, 10 – „A“ deska, 11 – manipulační oko, 12 – hlavní montážní šrouby, 13 – vtoková vložka, 14 – středící kroužek pevné části vstřikovací formy, 15 – upínací deska pevné části vstřikovací formy

Součástí pohyblivé strany jsou desky zajišťující vyhození vylisku z formy. Na vyobrazené formě jsou to desky poz. 3 a 4. Dále jsou zde desky podpěrné poz. č. 6 a rozpěry poz. č. 2. Další pozice, které jsou na obrázku zobrazeny, jsou náustky poz. č. 8, manipulační oko poz. č. 11, montážní šrouby poz. č. 12, vyhazovače poz. č. 5.

V této poloze, kdy je forma zavřená a lis působí dostatečnou silou je roztavený plast vstříknut do formy a dutina pro vylisek je vyplněna. [6]

3.3 Vnější část otevřené formy

Na obr. 5 je znázorněna forma v otevřené poloze a při vyhazování dílce z dutiny. V této chvíli je již plast po vstříknutí do dutiny dostatečně ochlazený, aby se forma mohla otevřít a dílec mohl být odformován. Dílec je shozen z pevného jádra dutiny poz. č. 17, na kterém drží pomocí třecích sil, nebo například pomocí technologických výstupků nebo vyhazovači, které jsou upevněny ve vyhazovacích deskách. Forma se musí dostatečně otevřít, aby toto vyhození mohlo být bez kolize provedeno. Po vyhození vylisku následuje zavření formy. K zavření bez poškození jader a vyhazovačů jsou zde tzv. vratné kolíky poz. č. 16. Ty jsou spojené s vyhazovacími deskami a tlačí je zpět, tak aby bylo zajištěno, že při zavírání budou vyhazovače zpět v zavřené poloze. Vratné kolíky však mají především funkci pojistnou, pokud by z nějakého důvodu nevrátil lis vyhazovací desky do výchozí polohy. V dělicí rovině jsou pak k zajištění polohy pohyblivé a pevné části vstřikovací formy vůči sobě vodící sloupky poz. č. 18.

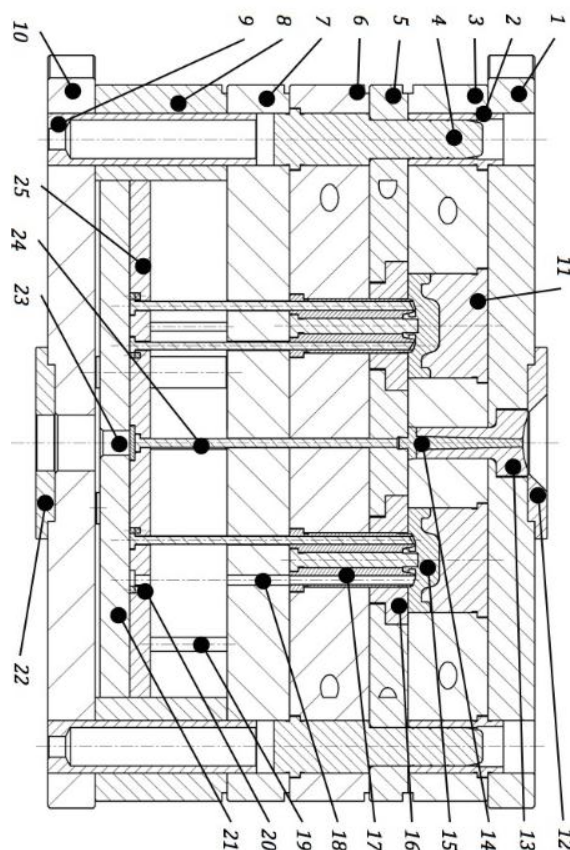


Obr. 5 Příklad dvoudeskové formy v otevřeném stavu (převzato z [6])

Zobrazená otevřená forma je čtyřnásobná – čtyři výlisky z jednoho pracovního cyklu. Násobnost formy zvyšuje její produktivitu, ale také velikost a cenu. Násobnost je omezena schopností vtokového systému dopravit tekutý plast do všech dutin a následně schopností formy uchládit všechny výlisky v úměrném čase. [6]

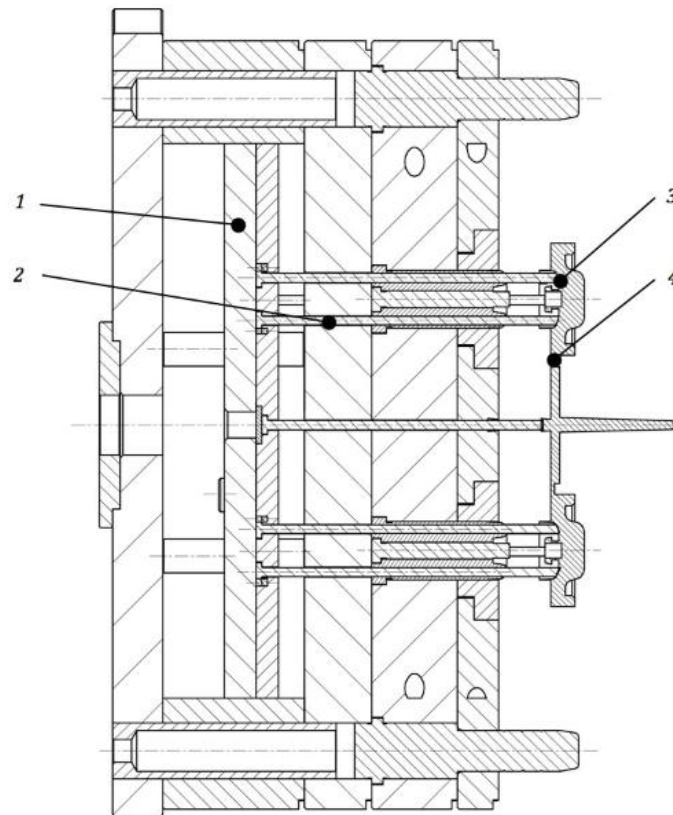
3.4 Řez formou

Na obr. 6 je zobrazen řez formou v uzavřené poloze. Je zde vidět řez středícím kroužkem a kanál, kterým tavenina putuje do dělicí roviny, kde je dalšími kanály rozvedena do jednotlivých dutin tvořených vložkami. V řezu je vidět, jak na sebe jednotlivé desky dosedají.



Obr. 6 Příklad řezu zavřenou vstřikovací formou (převzato z [6])

Pro názornost celého vnitřního systému je na obr. č. 4 vidět řez v otevřeném stavu, kdy vyhazovače vyhodí ztuhlý díl z dutiny. Vyhazovací desky jsou vpředu spolu s vyhazovači a díl je mimo vložky. V této fázi pak díl padá dolů a forma se poté zavře. [6]



Obr. 7 Příklad řezu otevřenou vstřikovací formou (převzato z [6])

3.5 Odvod tepla z formy (systém chlazení)

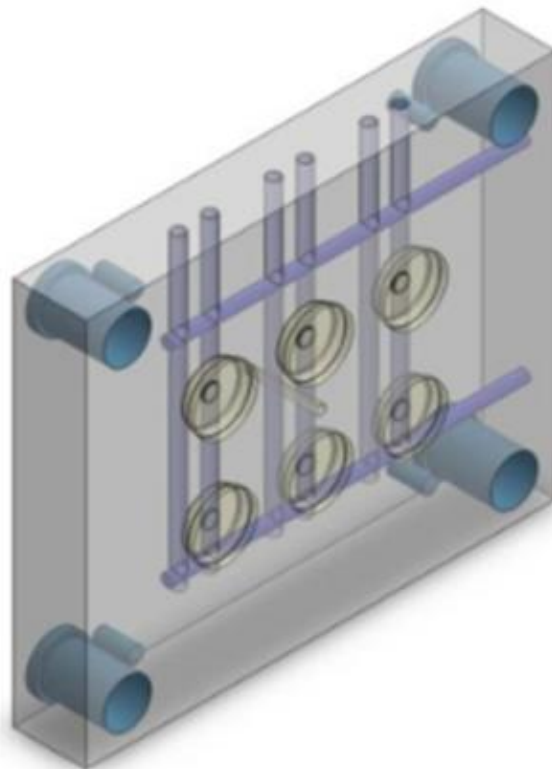
Vstřikování plastů vyžaduje optimální teplotní podmínky, při kterých forma pracuje. Teploty mají výrazný vliv na kvalitu vylisků, náklady na jednotlivé vylisky, povrch vylisku nebo na výrobní a dodatečné smrštění vylisku. Proces ochlazování či ohřívání se nazývá „temperace“.

Správnou teplotou formy, vhodným temperačním médiem, konstrukcí formy lze dosáhnout požadovaných přesností a kvality vylisku. Správná temperace se také výrazně podílí na ekonomické stránce výroby danou hodinovou produkcí. Forma tedy musí být vhodně zkonstruována jako celek mechanických prvků i kompletního temperačního systému.

Temperace může být prováděna aktivním nebo pasivním temperováním. Pasivní temperování je prováděno využitím tepelně vodivých a izolačních materiálů a je využíváno zejména ve špatně dostupných místech jako například tenkostěnné vložky. Izolační

materiály mají své využití například u forem vyžadujících předehtátí. Vodivé materiály jsou pak spojeny s aktivním temperováním. Tím je přímé dodávání či odvádění tepla z formy díky použitému médiu proudícímu do a z formy temperačními kanály. Jako medium k temperaci je běžně používána voda, olej, vzduch nebo i pára.

Příklad temperačních kanálů je vidět na obr. 8. Rozložení a četnost kanálů spolu se zvolenými materiály jednotlivých dílů, zásadně ovlivňují rychlost pracovního cyklu formy a tím tedy produktivitu, jelikož intenzita ochlazování udává rychlost ztuhnutí vylisku.



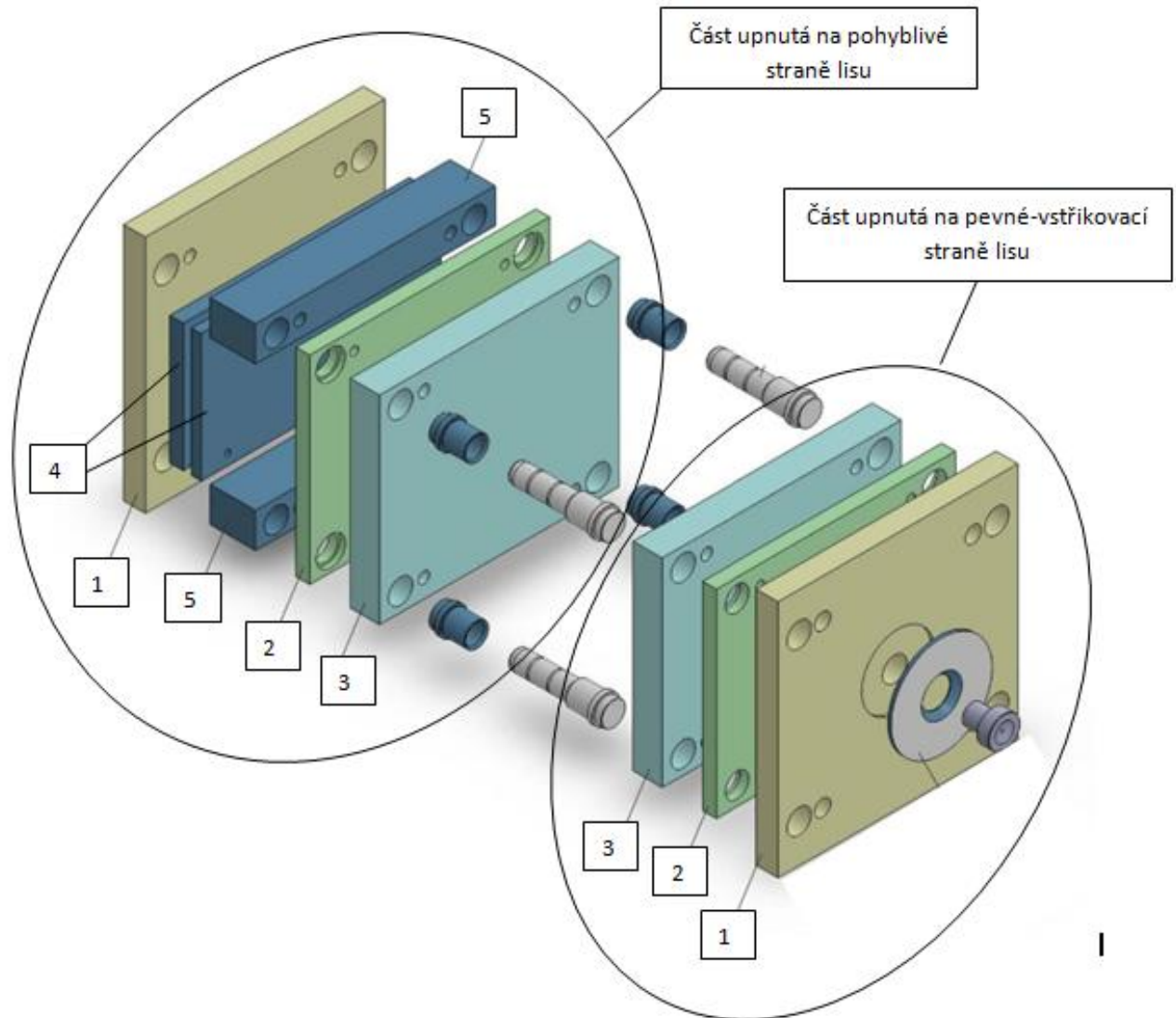
Obr. 8 Příklad chlazení v desce - zprůhledněná deska (převzato z [7])

Na obr. 8 je pouze jednoduchý chladicí okruh. Složitost okruhu je dána složitostí desky, kde konstruktér musí přizpůsobit rozvod chlazení vybráním a dírám. [1] [6] [7]

3.6 Desky formy

Vzhledem k řešenému problému budou podrobněji rozebrány pouze desky.

Na obr. je znázorněn rozstřel desek pro popsání základního rozdělení.



Obr. 9 Příklad uspořádání - rozstřel desek (převzato z [7], popisky autor)

Desky dle obr. 9:

- 1- Upínací desky
- 2- Podkladové desky
- 3- Tvarové desky
- 4- Desky vyhazovačů
- 5- Podkladnice

Upínací desky jsou přizpůsobeny k upnutí formy do vstříkovacího lisu jak na pevné vstříkovací (dýzové) straně, tak na pohyblivé vyhazovací straně. Desky jsou upnuty pomocí

šroubů, nebo upínek k jednotlivým stranám lisu. Na pevné straně slouží k vystředění středící kroužek. Uprostřed středícího kroužku je vtok pro vstříknutí plastu. Druhá strana formy na vyhazovací straně lisu je upevněna a vystředěna pomocí vodících sloupků, nebo středění s dýzovou stranou.

Podkladové desky slouží k upevnění vodících sloupků či jiných komponentů.

Tvarové desky jsou využity tak, že přímo v deskách je vyrobena tvarová dutina pro vstříknutí plastu. Jejich použití může být nahrazeno tvarovými vložkami. Na dýzové straně může u menších forem širší tvarová deska nahradit podkladovou desku. Vodící sloupky jsou pak ukotveny v tvarové desce. Na vyhazovací straně tvarovou deskou prochází vyhazovač. Zde je opět možné při širší desce a menší velikosti formy vynechat podkladovou desku.

Desky vyhazovačů slouží k upnutí vyhazovačů a vratných kolíků. Vyhazovací desky jsou pomocí vyhazovací tyče spojeny s pohybovým mechanismem lisu, který vykoná potřebný zdvih. Desky se pohybují po vodících sloupcích.

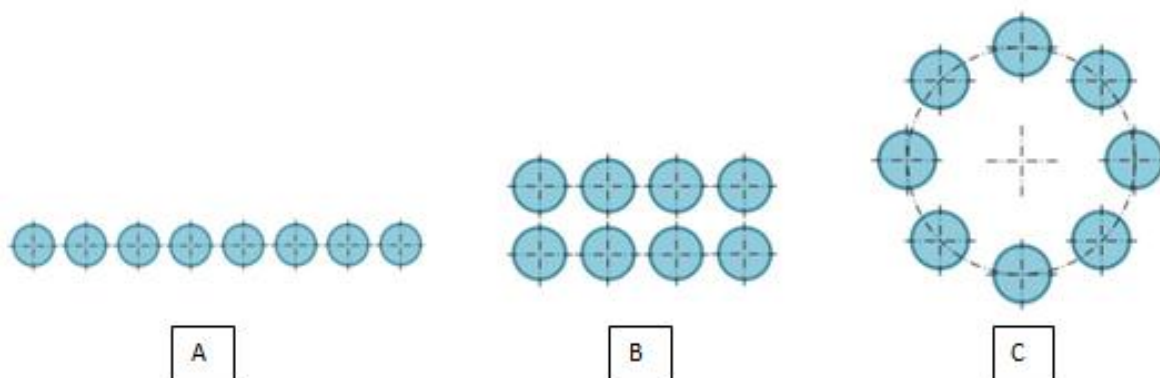
Podkladnice slouží k vymezení prostoru potřebného pro zdvihy vyhazovacích desek. A spojují upínací desku s tvarovou. [6] [7]

3.6.1 Návrh desek

Návrhu desek předchází návrh vložek a vstřikovací dutiny. Minimální velikost desek je určena rozmístěním a velikostí dutin spolu s rozvržením kanálů k temperaci a vtokového systému. Dle této velikosti lze vybrat normalizovaný rozměr desek poskytovaný dodavatelem. V této fázi je potřeba velikost formy zkontrolovat zda je optimální pro upnutí na vstřikovací lis, který bývá dopředu stanoven nebo spolu s formou plánován. [6]

3.6.2 Rozmístění dutin

Rozmístění dutin se provádí tak, aby bylo kompaktní a jednoduše vyrobitelné. Jak vtokový systém k jednotlivým dutinám, tak i vtokový systém při využití horkého vtoku je vyroben co nejjednodušeji, aby všechny dráhy pro taveninu byly přibližně stejné, co nejkratší a symetrické. Tomu se přizpůsobuje i rozmístění jednotlivých dutin. Formy s jednou dutinou mají dutinu většinou v ose formy. Vícenásobné formy mohou mít rozdělení dle obr. 10.



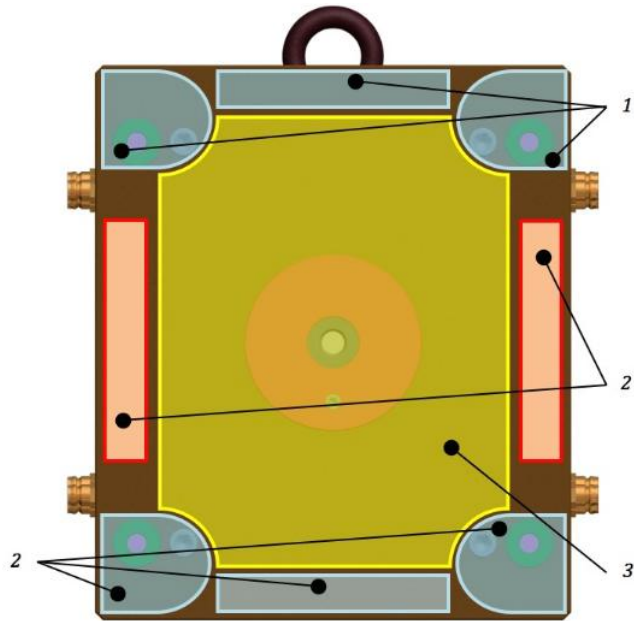
Obr. 10 Typy rozložení dutin (převzato z [6])

A) umístění v řadě, B) umístění v rastru, C) umístění v kruhu

Rozmístění v řadě obr. 10 A není příliš vhodné z důvodu dlouhého rozvodu a úzkého tvaru vložek a desek. Vstříkovaný plast ke každé dutině urazí jinou vzdálenost a proces vstříkování je nestabilní a nerovnoměrný. Vhodnější je rozmístění v rastru viz obr. 10 B. Zde je poměr stran vymezující dutiny rovnoměrnější. Tato varianta rozložení umožňuje docílení stejných vzdáleností od hlavního vtoku. Obvyklými násobnostmi ve formě jsou 2,4,8,16,32 atd. Další možností je kruhové rozložení viz obr. 10 C. U tohoto rozložení lze využít studený vtok s relativně jednoduchým vtokovým systémem. Obvykle se počet dutin v kruhovém rozdělení pohybuje do 8. Nevýhodou tohoto rozložení je vyšší nárůst rozměrů. Z toho důvodu se volí spíše kombinace kruhového a rastrového rozložení. [6] [7]

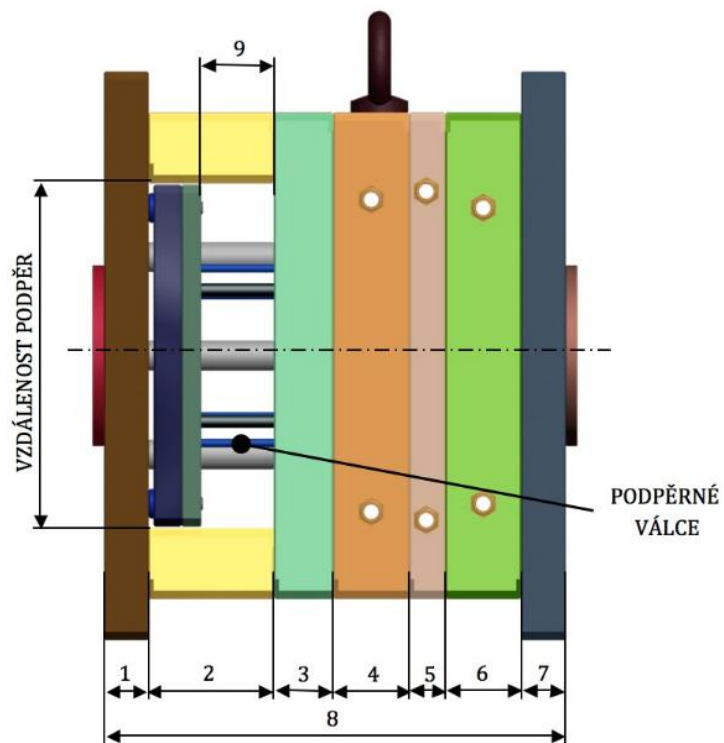
3.6.3 Velikost desek

Již výše bylo uvedeno, že velikost desek ovlivňuje hlavně rozmístění dutin a dále rozmístění temperačních kanálů a komponent jako například vodících sloupků, vyhazovačů, vratných kolíků, dorazů apod. Obecné rozložení je znázorněno na obr. 11.



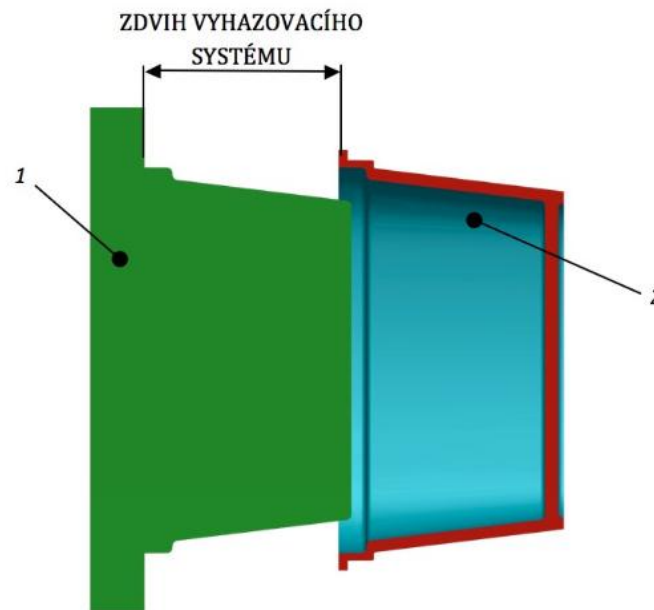
Obr. 11 Příklad obecného rozložení vybraných komponent (převzato z [6])

Na obr. 11 je znázorněno rozmístění komponent určující šířku a výšku desek. Důležitá je však i tloušťka jednotlivých desek, jelikož jejich součet udává celkovou tloušťku formy, viz obr. 12.



Obr. 12 Příklad součtu celkové výšky formy (převzato z [6])

Na obr. 12 jsou znázorněny tloušťky jednotlivých desek a celková velikost. Jednotlivé tloušťky jsou ovlivněny komponenty v nich upevněných, temperačními kanály a také musejí mít určitou tuhost kvůli prohybům způsobených tlakem lisu. Z důvodů eliminování těchto průhybů jsou v prostoru pro zdvih vyhazovacích desek podpěrné válce. Je zde také označena hodnota č. 9. Ta označuje výšku zdvihu, který musí být dostatečný k tomu, aby vylisek spadl z tvarové vložky, viz obr. 13. [6]

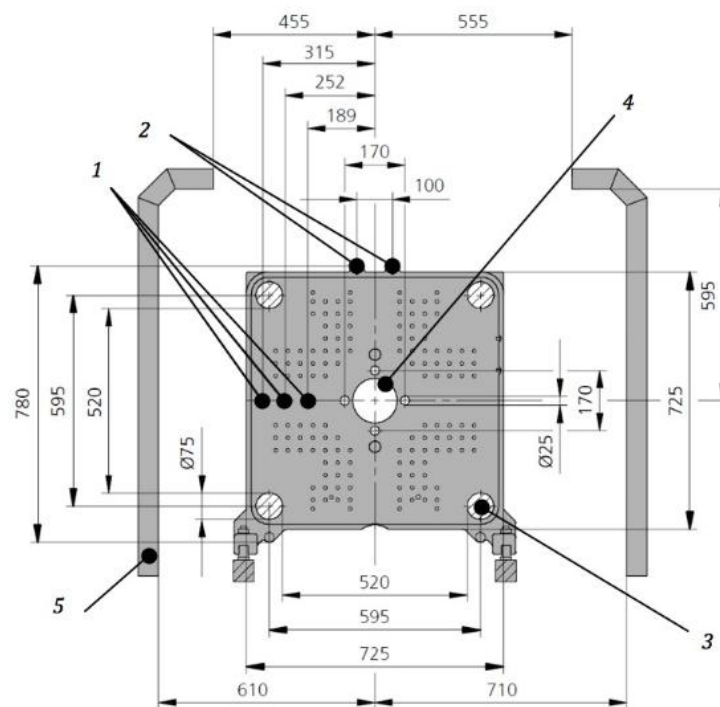


Obr. 13 Znázornění nutného zdvihu dle vylisku (převzato z [6])

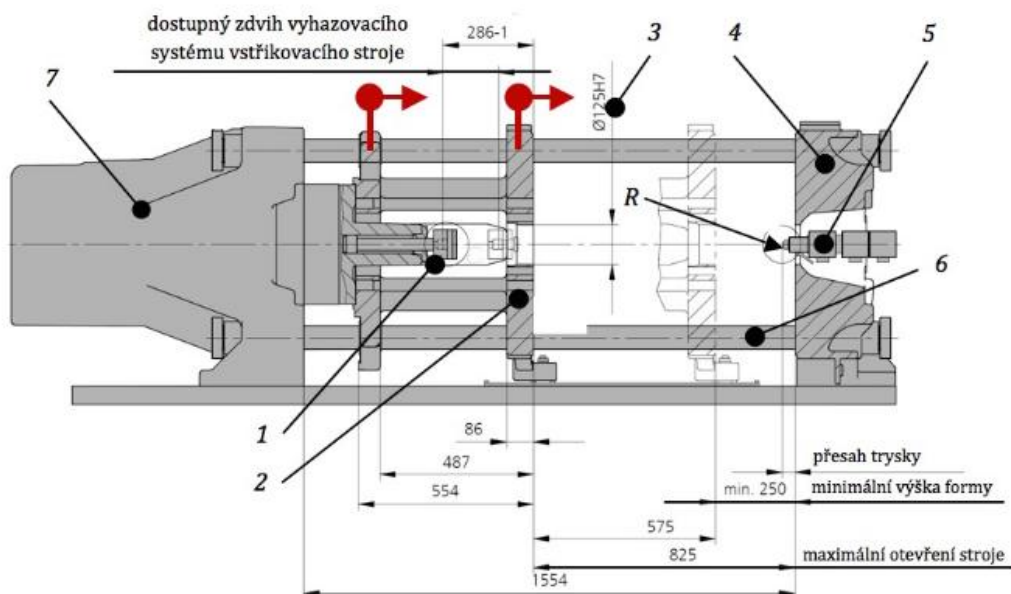
1 – vložka pohyblivé části vstřikovací formy, 2 – vstřikovaný díl

3.6.4 Rozměr formy vhodný k upnutí na vstřikovací lis

Z výše uvedeného je patrné, že celkovou velikost formy ovlivňuje několik faktorů. Konečná velikost musí být ověřena, zda je vhodná k použití na vstřikovacím lise, na který má být nainstalována. Rozměr formy je hlavním požadavkem na formu zejména tehdy, kdy má vstřikovací lis vodící sloupky, mezi kterými se forma musí vložit do vnitřního prostoru lisu a následně upnout na upínací desky. Na obrázcích č. 14 a 15 je příklad výkresové dokumentace běžně poskytované výrobcem.



Obr. 14 Příklad výkresové dokumentace lisu (převzato z [6])



Obr. 15 Příklad výkresové dokumentace lisu (převzato z [6])

Obr. 14 popisuje rozměry upínací desky, rozteče závitů k upevnění, rozteče a průměry
vodících sloupků lisu. Obr. 15 popisuje rozměry lisu pro tloušťku formy, maximální a

minimální zdvihy. Dle těchto rozměrů se zkontroluje, zda navržená velikost vyhovuje požadavkům lisu. Lis musí pak vyhovovat například svou zavírací silou, vstřikovacím výkonem apod. [6] [7]

3.6.5 Materiál desek pro vstřikovací formy

Množství nabízených druhů materiálů se odvíjí od jednotlivých dodavatelů. Volba materiálu desek se odvíjí od jejich umístění ve formě. V každé části jsou jiné požadavky na odolnost. Na trhu jsou nabízeny polotovary více či méně předpřipravených desek. Dle použití doporučují různé typy materiálu. Jednotliví dodavatelé také poskytují různé kvality, což se pak samozřejmě zobrazuje v cenách. Vyšší cena polotovaru však neznamená vyšší cenu konečnou. Rozdíly jsou jak v materiálu, tak v jeho tepelném zpracování a přesnosti rozměrů. Tyto rozdíly pak mohou znatelně ovlivnit výrobní náklady pro finální podobu desky a její trvanlivost. Materiály pro desky forem musí zajišťovat stabilitu formy po celou životnost. Jsou namáhány cyklicky s počty milionů cyklů. Musí být tedy dostatečně pevné, aby nedošlo k prasknutí, ale zároveň musí mít dobrou tepelnou vodivost. Materiály, které mají vysokou tepelnou vodivost, však mívají nižší pevnost. Navrhované materiály výrobců desek jsou tedy jakýmsi kompromisem mezi pevností a vodivostí. Materiál desek musí být také dobře obrobitelný a korozivzdorný. Jako příklad doporučovaných materiálů desek jsou:

1.1730 (nástrojová ocel), 1.2083 (prokalitelná ocel, částečně korozivzdorná, legovaná, vhodná k leštění), 1.2085 (nástrojová ocel, korozivzdorná, dobrá obrobitelnost, legovaná), 1.2162 (ocel k lokálnímu kalení), 1.2311 (nástrojová ocel), 1.2312,1.2343,1.2343ESU,1.2379,1.2436,1.2767. [6] [7] [9]

4 Nástroje řízení kvality

Firmy se snaží vyrábět kvalitně a efektivně. Ke zlepšování jednotlivých procesů slouží nástroje řízení kvality. Mezi základní nástroje patří například:

- Stratifikace dat
- Vývojový diagram
- Histogramy
- Paretova analýza
- Diagram příčin a následků - Ishikawův diagram
- Korelační analýza
- Regulační diagram
- Záznamníky - kontrolní tabulky

Jednotlivé metody slouží ke sběru dat, jejich analýze a identifikaci problému.

Stratifikace – Slouží k přehlednosti analyzovaných dat a k identifikaci shromážděných údajů. Data jsou rozdělena do skupin podle podobnosti. Například při sledování časových dat během pracovního dne jsou časy rozděleny například na zbytečný pohyb, čekání, neefektivní komunikace apod.

Vývojový diagram – Nástroj využívaný ke grafickému znázornění kroků od začátku do konce procesu. Grafické provedení umožňuje jednodušší pochopení procesu a vztahy mezi jednotlivými kroky než pouhý slovní popis. Jednotlivé kroky jsou zobrazeny pomocí jednoduchých grafických symbolů.

Histogram – Histogramy jsou sloupcové diagramy poskytující zobrazení analyzovaných dat v daném okamžiku.

Paretova analýza – Metoda sloužící k identifikaci hlavního problému z mnoha dalších. Aplikuje se zde pravidlo 80/20. Toto pravidlo říká, že 80% nákladů je způsobeno 20% problémů.

Diagram příčin a následků – Tato metoda slouží k nalezení příčiny problému, chyby či vady.

Korelační analýza – Metoda analyzující závislost mezi dvěma proměnnými. Na ose x jsou závislé proměnné (kvalitativní znak) a na ose y nezávislé proměnné (vliv na výslednou veličinu)

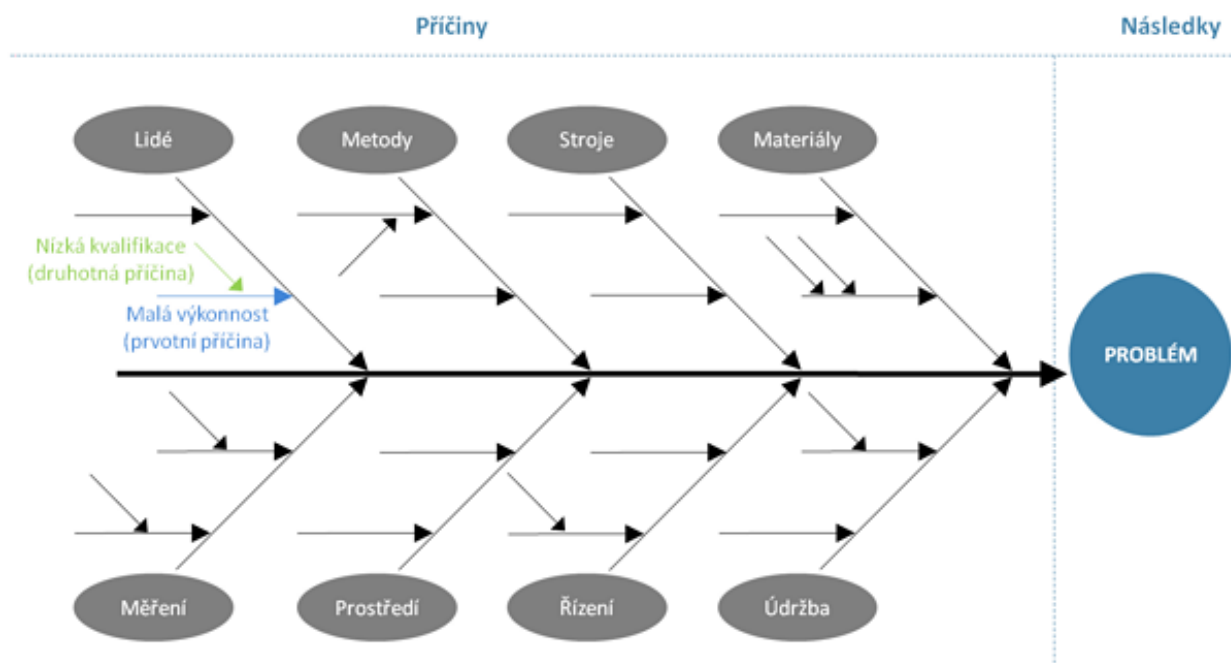
Regulační diagram – Metoda sloužící ke sledování dané veličiny, jejího chování a hodnot. Určují se zde horní a dolní toleranční meze, mezi kterými by se hodnota měla vyskytovat

Záznamníky - slouží k získání a zaznamenání kvantitativní informace o zkoumaném jevu. Záznam probíhá do jednoduchých, předem připravených formulářů.

Vzhledem k charakteru řešeného problému, bude pro řešení použita metoda – Diagram příčin a následků, s využitím týmové spolupráce ve formě brainstormingu.

4.1 Diagram příčin a následků

Diagram příčin a následků (Ishikawův diagram, diagram rybí kosti) je jednoduchou analýzou, která slouží k určení možných příčin vedoucích k danému problému. Cílem je stanovení nejpravděpodobnější příčiny řešeného problému. Na obrázku č. 16 je znázorněna možná struktura diagramu. [8]



Obr. 16 Příklad schématu diagramu rybí kosti (převzato z [8])

Tento nástroj je běžně používán v týmech, kdy za pomoci brainstormingu jsou hledány všechny možné, více či méně, pravděpodobné příčiny řešeného problému.

Brainstorming je skupinová kreativní technika, jejíž náplní je stanovení co největšího množství nápadů k danému tématu. Principem je schůzka vícečlenného řešitelského týmu za přítomnosti moderátora, který schůzku vede. Na základě správného definování problému jsou navrhovány a zaznamenávány nápady jednotlivých řešitelů, nad kterými je následně diskutováno.

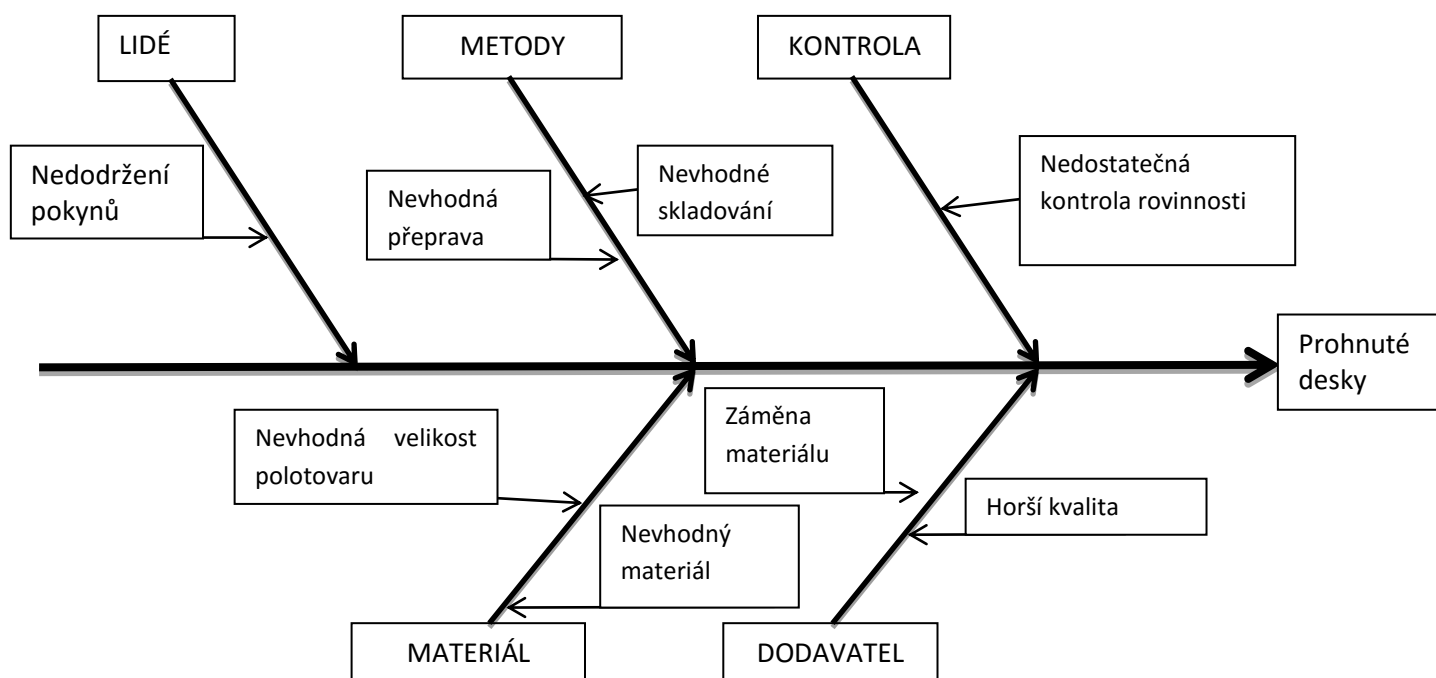
Při tvorbě diagramu je nejprve formulován samotný problém. Poté jsou za pomoci brainstormingu stanoveny všeobecné hlavní oblasti příčin. Následně jsou definovány elementární příčiny a identifikovány vztahy mezi příčinami a následky. Hodnocení probíhá metodou bodového hodnocení, kdy je každému členu řešitelského týmu stanoven určitý počet bodů např. 6, které na základě vlastního uvážení rozdělí nejpreferovanějším příčinám. Součtem bodů je poté identifikována nejpravděpodobnější příčina problému. [8]

5 Popis problému

Desky jsou do firmy dodávány dodavatelem jako polotovary dle objednaných katalogových rozměrů, nejbližší k požadovanému s přídavkem na přesnou tloušťku. Desky, které jsou od dodavatele pouze frézované, mají jako první operaci zařazeno broušení obou hlavních ploch. Desky s rovinností 0,01 mm jsou dále postupně obráběny na jednotlivých strojích od vrtacích operací přes frézování až po konečné broušení. Desky, které jsou již broušeny od dodavatele, jsou obráběny bez prvotního broušení. V poslední době se nepravidelně vyskytoval problém, že po dokončení všech operací se při konečném broušení objevil průhyb desky. Tento průhyb byl po broušení dobře viditelný, prohnuté plochy zůstávaly po broušení brusným kotoučem nedotknuté. Průhyb desek byl v některých případech zaznamenán již při obráběcích operacích. Průhyb desek je nežádoucí vadou kvůli požadované rovinnosti při dosednutí a předepsané tloušťce desek. V souvislosti s novou výrobou nebo opravnými operacemi dochází k jak finančním, tak časovým ztrátám, které mohou mít vliv na spokojenost zákazníka kvůli nesplnění termínu dodání formy.

6 Analýza problému

K analyzování problému byl vybrán již zmiňovaný diagram příčin a následků. Problém byl jasně formulován: nepravidelný výskyt průhybu desek. Za pomoci brainstormingu byly hledány možné všeobecné oblasti, ve kterých mohla vzniknout příčina problému. Řešitelský tým byl složen za zástupců jednotlivých oddělení: výroba, kontrola, konstrukce a nákup. Následně byly tyto oblasti v rámci hluboké diskuze rozebrány do konkrétnějších možných příčin, jak je zaznamenáno v grafu č. 1. Jednotlivé navržené příčiny byly prodiskutovány, byly zkoumány závislosti a vazby na daný následek. Velkou roli při hledání příčiny hrál fakt, že problém se vyskytuje nepravidelně (tedy i při stejné výrobě), což způsobilo, že pozornost musela být věnována širšímu spektru možností, nejen výrobě samotné.



Graf 1 Diagram příčin a následků navržený pro problém prohnutých desek (převzato z [autor])

6.1 Lidé

6.1.1 Nedodržení pokynů

Každý pracovník je poučen, jak s deskami manipulovat, upínat a kontrolovat. Dále jsou všichni proškoleni na svých strojích.

Dle průzkumu všichni pracovníci dodržovali zásady, tak aby nezpůsobili deformaci desek a nevyrobili zmetek. Vady se nevyskytovaly u konkrétních pracovníků, ani nebyly zaznamenány po určité obráběcí činnosti, důležitým faktorem tedy zde byla nepravidelnost, která poukazovala, že příčina nebude v konkrétním pracovníkovi či úkonu. Jednotlivé pokyny však nemusejí být správně navrženy, což je rozebráno v dalších bodech.

6.2 Metody

6.2.1 Nevhodné skladování

Desky jsou od dodavatele dodávány položené a pevně připevněné na dřevěných paletách, na kterých jsou skladovány v regálech. Palety jsou pevné a vždy větší než desky, aby byly celé položené na paletě. Během jednotlivých operací jsou desky skladovány v držácích, kde jsou položené na boku ve svislé poloze.

Desky nebyly nikdy položeny tak, aby hrozilo jejich prohnutí. Skladování se tak nejevilo, jako důvod deformace desek.

6.2.2 Nevhodné přepravování

Desky jsou přepravovány mezi operacemi pomocí jeřábu a transportních ok, která jsou zašroubována do boku desek, kde jsou tzv. transportní závity. Deska je tak přepravována ve svislé poloze. Pouze při prvním transportu před vyrobením transportních závitů je nutné využít permanentního magnetu, viz obr. 17.



Obr. 17 Přeprava železné desky jeřábem, pomocí permanentního magnetu (převzato z [10])

Během přepravy pomocí permanentního magnetu mohlo teoreticky při nesprávné manipulaci dojít k prohnutí. Zejména delší desky mohly být kvůli většímu ramenu náchylné na prohnutí. Magnet by měl být uchycen na středu desky a nemělo by docházet k rázovému zatížení tj. při přepravě desku plynule pomocí jeřábu zdvihnout a přesunout na vyvrtávací stroj, kde dojde k upnutí a po vyvrtávacích operacích jsou v desce již transportní závity pro transportní oka. Ta se připevňují buď na střed boku desky, nebo dvě oka symetricky na boku desky.

Byl proveden jednoduchý pokus s přepravou. Deska o rozměrech 1200x600x46mm byla pětkrát zvednuta a upevněna na stroji, kde byla zkontrolována její rovinnost pomocí úchylkoměru stroje, který byl, jako každý měřicí přístroj ve firmě, evidován a označen platnou známkou kalibrace. Hodnoty rovinnosti se nelišily. Test byl proveden pouze plynulým zvedáním a pohybem jeřábu.

6.3 Kontrola

6.3.1 Nedostatečná kontrola rovinnosti

Desky jsou kontrolovány u první operace pracovníkem na vyvrtávacím stroji. Pomocí kalibrovaného mikrometru změří tloušťku desky minimálně ve čtyřech bodech. Měření mikrometrem probíhá ještě před upnutím na stroj. Po upnutí a vyrovnání na upínacím stole změří pomocí úchylkoměru postupně na krajích a ve středu desky její rovinnost. Po

provedení vyvrtávací operací putuje deska na frézku, kde již rovinnost kontrolována není. Pokud se jedná o desky, které nejsou od dodavatele broušeny, putuje před vrtáním na broušení, které probíhá s přídatkem 0,3mm

Prvotní kontrola rovinnosti desky před prvním obráběním je dostatečná a prohnutou desku by odhalila. Kontrola vstupního stavu desky je tedy dostatečná. Prohnutí desky se však projeví později, až po obrábění. Z toho důvodu by bylo vhodné zavést minimálně namátkovou kontrolu rovinnosti během operací na jednotlivých strojích.

6.4 Materiál

6.4.1 Nevhodný materiál

Materiál desek volí konstruktér dle interních zkušeností a je stále stejný. Zároveň se volený materiál shoduje s materiály doporučenými dodavateli pro dané desky.

Vzhledem k tomu, že nedošlo ke změnám požadovaných materiálů desek a průhyby se začaly projevovat náhle, je patrné, že dlouhodobě používaný odzkoušený materiál není příčinou vzniklých průhybů.

6.4.2 Nevhodná velikost polotovaru

Polotovar desek je volen dle požadované velikosti desky, která je dána výše popsányými požadavky. Konstruktér se snaží zbytečně nezvětšovat rozměry formy a z toho důvodu je daná velikost nutná. Delší desky jsou samozřejmě náchylnější k prohnutí. Z toho důvodu je nutné s nimi manipulovat tak, aby bylo minimalizováno ohybové napětí. Dále jsou velikosti desek adekvátním upínacím možností strojů.

6.5 Dodavatel

Objednávání desek na základě požadavku od konstruktéra zajišťuje nákupní oddělení. Proces nákupu probíhá zadáním poptávky do více dodavatelských firem. Po obdržení všech nabídek nákupčí zhodnotí nabídky a vybranou potvrdí. Kritérii pro výběr dodavatele je dodací termín a cena. Cena se u dodavatelů mění dle velikosti desek stejně tak i termín dodání. Například obchod A má levnější desku o určitém rozměru, jiný rozměr má však dodavatel B za výhodnější cenu. Dodavatelé samozřejmě poskytují i různé množstevní slevy. Z tohoto důvodu jsou vždy zadávány nové poptávky a vybírání různých dodavatelů.

Každý dodavatel desek má své výrobní postupy při výrobě desek a z toho důvodu není zaručená stejná kvalita. Různé tepelné zpracování přináší i různé fyzikální vlastnosti, které mohou způsobovat nestálost materiálu, změny rozměrů či tvaru.

Při zjišťování příčin byly srovnávány četnosti výskytu zmetkovitosti u jednotlivých dodavatelů. Analýzou bylo zjištěno, že četnost výskytu prohnutí se projevila u některých dodavatelů více, u některých byl výskyt naopak minimální.

6.5.1 Záměna materiálu

Zkoušky materiálu se ve firmě nedělají. Materiál desek tedy není nijak kontrolován. V případě jiného materiálu se jeho jiné mechanické vlastnosti jako například nižší pevnost mohou projevit deformací, prohnutím. Složení materiálu je garantováno dodavatelem.

6.5.2 Zhoršená kvalita

Stejně jako záměna materiálu, tak samozřejmě i horší kvalita dodaného polotovaru přinese jiné mechanické vlastnosti, které mohou umožnit, či způsobit nechtěné prohnutí.

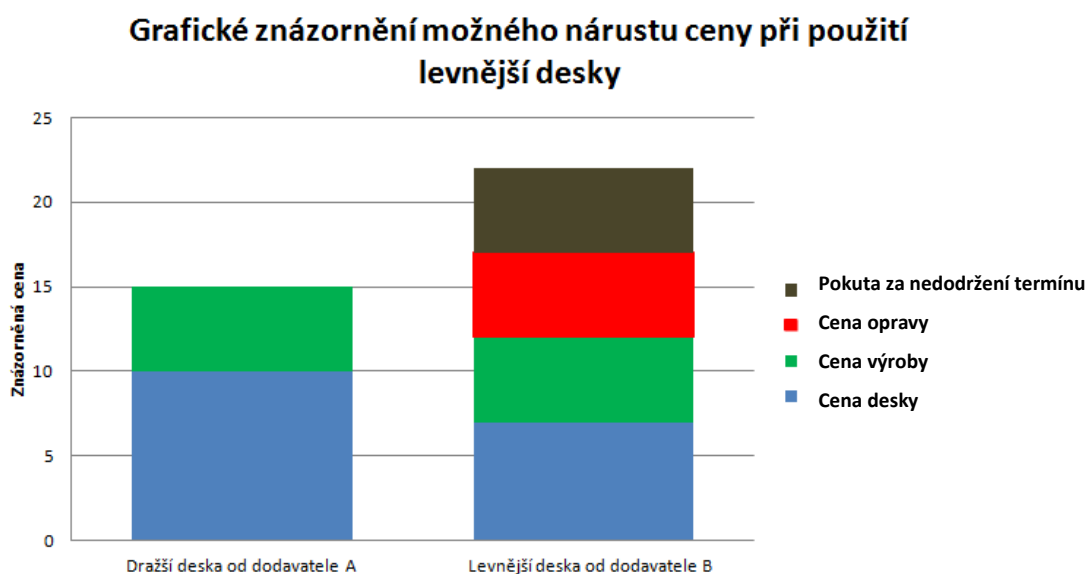
V rámci kvality a rozdílů mezi jednotlivými dodavateli se hledání příčin zaměřilo na samotný proces výroby desek dodávaných od dodavatelů. Zjišťování těchto informací bylo poměrně obtížné a rozdílné v rámci postojů jednotlivých dodavatelů ke sdílení informací. Základní princip byl jednotný. Desky jsou vyráběny rozřezáním ingotu na jednotlivé tloušťky. Dále bylo zjištěno, že desky vzniklé rozřezáváním ingotu mají jiné vlastnosti, pokud byly z krajní části ingotu či naopak z vnitřní části ingotu. Toto zjištění odpovídalo na nepravidelnost výskytu vad v rámci postižených dodavatelů. Dodavatelé, u kterých se vady téměř nevyskytovaly, po dělení jednotlivé dílce tepelně zpracovávaly. Jedná se o dvojité žíhání, které má za cíl odstranit vnitřní pnutí a docílit homogenní struktury v celém objemu desky.

6.6 Bodové zhodnocení

Po rozboru a hlubší diskuzi k vyjmenovaným bodům, bylo provedeno bodové zhodnocení, na základě kterého jako nejpravděpodobnější příčinou pro následek průhybu desek byl označen dodavatel – zhoršená kvalita.

7 Zhodnocení

Na základě výše uvedené analýzy příčin a následků s využitím brainstormingu byly rozebrány jednotlivé body možných příčin prohýbání desek. Z bodového hodnocení vyplynulo, že nejpravděpodobnější příčinou prohýbání desek je problém ze strany dodavatele. Při volbě dodavatele desky je vycházeno z ceny desky, která hraje jednu ze zásadních rolí (dalším kritériem může být například termín dodání). Zpravidla desky, u kterých se neobjevují výrazné prohyby, jsou spjaty s vyššími náklady. Pro názorné zobrazení porovnání nákladů na pořízení a následné opracování levnějšího a dražšího typu desky poslouží graf č. 2, na kterém je znázorněn možný nárůst celkové ceny výroby desky. Hodnoty jsou pouze bodové, jelikož skutečné ceny nebyly pro tuto práci k dispozici.



Graf 2 Bodové znázornění ceny výroby desky

Z grafu je patrný prvotní rozdíl nákladů na nákup dražší a levnější desky. Náklady na opracování jsou u obou desek stejné. Při bezproblémové výrobě se jeví lepší variantou pořídit desku od dodavatele, který nabízí nižší cenu. Tato úvaha však může být krátkozraká. Pokud přijde problém s deformací desky (četnost potíží s prohnutím se objevovala cca na dvou deskách z deseti), přičítají se do výroby náklady na její opravu (práce konstrukce, opravné práce, případné práce na dalších komponentech formy). Pokud by již nebyla možná oprava desky například pro velké zeslabení frézováním a broušením na požadovanou rovinnost, řeší

se situace reklamací desky (reklamace byly historicky stoprocentně úspěšné). Nová deska se musí znovu opracovat, což znamená opětovné započtení nákladů na obrábění. Reklamace však může způsobit i zpoždění časového harmonogramu a nedodržení smluvně ujednaného termínu dodání formy zákazníkovi. V takovémto případě může být firmě vystavena smluvní pokuta, v nejhorším případě může zákazník odstoupit od smlouvy. Dalším negativem může být poškození dobrého jména společnosti, zhoršená spolupráce či dokonce ztráta zákazníka a potenciálních zakázek.

8 Závěr

Při řešení daného problému s prohýbáním desek byla pro svůj charakter zvolena metoda analýzy příčin a následků spolu s brainstormingem. Na základě brainstormingu byly analyzovány možné příčiny. Jednotlivé oblasti jsou shrnuty pro přehlednost a ucelení v následující tabulce.

Činitel	Vliv	Následek	Příčina	Zhodnocení
Lidé	Zanedbání pracovních postupů	Prohnutí	Nedodržení pokynů pro správnou manipulaci, upínání a kontrolu	Nepotvrzeno Pracovníci se drží pokynů
Metody	Nevhodná přeprava	Prohnutí	Nepřiměřené zatížení na ohyb během přepravy mezi operacemi	Nepotvrzeno Přeprava je zajištěna tak, aby k prohybu nedocházelo
	Nevhodné skladování	Prohnutí	Uložení desek bez dostatečného podepření	Nepotvrzeno Desky jsou uloženy na dostatečně pevném podkladu
Kontrola	Kontrola Desek po dodání	Neodhalení dodání prohnuté desky	Nedostatečná kontrola rovinnosti	Nepotvrzeno Desky jsou kontrolovány při první operaci na stroji
Materiál	Velké rozměry desek	Prohnutí desky kvůli velikosti	Komplikovaná manipulace a upínání	Nepotvrzeno Velikosti prohnutých desek jsou standardní
	Volba materiálu desek	Deformace	Nevhodný materiál pro danou desku	Nepotvrzeno Materiál je volen dle zkušeností a doporučení výrobce
Dodavatel	Jiný materiál než požadovaný	deformace	Záměna požadovaného materiálu výrobcem	Nevyvráceno Materiál se nekontroluje
	Kvalita zpracování	Deformace	Různá kvalita dodaných desek	Nejpravděpodobnější příčina Různí dodavatelé

Tabulka 1 Zhodnocení navržených činitelů z grafu č.1 [autor]

Na základě analýzy byla jako nejvíce pravděpodobná příčina vyhodnocena „dodavatel“, respektive různá kvalita dodávaných desek od různých dodavatelů.

Někteří z dodavatelů mají vyšší cenu desek. Jejich kvalita je vidět již na první pohled. Desky mají broušený povrch se sraženými hranami bez jakýchkoliv otřepů. Podstatné ale je, že se u desek od těchto dodavatelů nevyskytly problémy s průhybem. Naopak levnější desky od jiných dodavatelů mnohdy nemají sražené všechny hrany, mají otřepy a nemívají broušené povrchy, pouze frézované. Právě u těchto cenově nižších desek se vyskytoval problém s prohnutím.

K prohýbání docházelo pravděpodobně z důvodů vnitřního pnutí. U dražších desek, u nichž dodavatel deklaruje výrobu s důrazem kladeným na tepelné zpracování žíháním a to na získání homogenní struktury a odstranění vnitřního pnutí, se prohnutí téměř nevyskytuje.

Každá firma chce ve svém zájmu mít co nejvyšší zisky. Ve snaze firmy co nejvíce snižovat výrobní náklady, nemusí být vždy správnou cestou volba nejnižších cenových nabídek dodávaných komponent. Pokud chce firma optimalizovat náklady na výrobu, je nutné si uvědomit, že výroba z levnějších komponent ještě neznamená nižší cenu výroby. Stejně jako v případě řešeného problému prohýbání desek během výroby.

Návrhem k řešení je tedy nastavit kritéria pro hodnocení dodavatele tak, že se v nich objeví všechny požadavky, jejichž splnění bude zárukou bezproblémového průběhu výroby a to i za cenu vyšších pořizovacích nákladů. Dále je doporučeno desky kontrolovat na rovinnost nejen při první operaci, ale provést měření i během výroby, aby se zabránilo případným vyšším časovým ztrátám a vzrůstajícím opravným nákladům.

Seznam použitých zdrojů:

- [1] Staněk J., Němejc J.: Metodika zpracování a úprava diplomových (bakalářských) prací ZČU, Plzeň, 2005
- [2] MM Průmyslové Spektrum. Polymery amorfnní a semikrystalické z hlediska vstřikování [online]. Praha [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/kontakty.html>
- [3] Docplayer. Vstřikovací Formy [online]. [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/8950439-Vstrikovaci-formy-1-vtokova-soustava.html>
- [4] BHM. Best Hope Mold & Plastic [online]. Shanghai-CHINA [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: <http://www.bh-mold.net/content/?577.html>
- [5] Publi. Polymery: Ing. Luboš Běhálek, Ph.D. [online]. 2016 [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/Cover.html>
- [6] Publi. Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů: Ing. Jiří Bobek, Ph.D. [online]. 2016 [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/Cover.html>
- [7] 14220.cz. Tváření plastů a výroba forem II. [online]. 2014 [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: <http://www.14220.cz/technologie/tvareni-plastu-a-vyroba-form-ii/>
- [8] Managment Mania [online]. 2015 [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs>
- [9] Hasco Enabling with System [online]. 2017 [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: <https://www.hasco.com/hasco/en/Product-catalogue/K/Single-plates/c/PIM0101>
- [10] Tedox s.r.o. [online]. 2017 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.tedox.cz/bremenove-magnety-neo-lift>
- [11] Technologie 2. *Technická univerzita Liberec, fakulta strojní* [online]. Liberec [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm

Seznam obrázků:

Obr. 1 Příklad rozvedení studeného vtoku – kanály jsou odpadem (převzato z [3])	11
Obr. 2 Příklad horkého vtoku – každá dutina má svou trysku – bez odpadu (převzato z [4])	12
Obr. 3 Zjednodušené schéma vstřikovacího procesu (převzato z [1])	13
Obr. 4 Příklad dvoudeskové vstřikovací formy (převzato z [6])	15
Obr. 5 Příklad dvoudeskové formy v otevřeném stavu (převzato z [6]).....	16
Obr. 6 Příklad řezu zavřenou vstřikovací formou (převzato z [6]).....	17
Obr. 7 Příklad řezu otevřenou vstřikovací formou (převzato z [6]).....	18
Obr. 8 Příklad chlazení v desce - zprůhledněná deska (převzato z [7])	19
Obr. 9 Příklad uspořádání - rozstřel desek (převzato z [7], popisky autor)	20
Obr. 10 Typy rozložení dutin (převzato z [6])	22
Obr. 11 Příklad obecného rozložení vybraných komponent (převzato z [6]).....	23
Obr. 12 Příklad součtu celkové výšky formy (převzato z [6])	23
Obr. 13 Znázornění nutného zdvihu dle výlisku (převzato z [6]).....	24
Obr. 14 Příklad výkresové dokumentace lisu (převzato z [6])	25
Obr. 15 Příklad výkresové dokumentace lisu (převzato z [6])	25
Obr. 16 Příklad schématu diagramu rybí kosti (převzato z [8]).....	28
Obr. 17 Přeprava železné desky jeřábem, pomocí permanentního magnetu (převzato z [10]).....	33

Seznam tabulek:

Tabulka 1 Zhodnocení navržených činitelů z grafu č.1 [autor].....	38
---	----

Seznam grafů:

Graf 1 Diagram příčin a následků navržený pro problém prohnutých desek (převzato z [autor])	31
Graf 2 Bodové znázornění ceny výroby desky.....	36