

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

**Pedagogická fakulta
Katedra aplikované fyziky a techniky**

Návrh a výroba plastové součásti.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: PaedDr. Alena Poláchová, Ph.D.

Autor: Bc. Václav Čížek

University of South Bohemia

**Faculty of Education
Department of Applied Physics and Technics**

Design and production of a plastic komponent.

DIPLOMA THESIS

Supervisor: PaedDr. Alena Poláchová, Ph.D.

Author: Bc. Václav Čížek

Prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je mým původním autorským dílem, které jsem vypracoval samostatně. Veškerou literaturu a další zdroje z nichž jsem při zpracování čerpal, v práci řádně cituji a jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě, fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce.

V Českých Budějovicích dne 6.11.2012

Václav Čížek

Poděkování

Chtěl bych poděkovat za konzultace vedoucí mé diplomové práce

PaedDr. Aleně Poláčkové, Ph.D.

ANOTACE

Teoretická část je zaměřena na hodnocení některých „základních“ plastů, používaných v automobilovém průmyslu. Jsou zde popsány zásady konstruování a dimenzování plastových dílů, základní koncepce vstřikovacích forem a měření. Dále se věnuji přehledu možných používaných CAD systémů.

Praktická část je zaměřena na konkrétní plastový výlisek. Je zde proveden základní popis dílu a výběr materiálu v závislosti na funkci dílu. Dále je zhodnocena složitost dílu z hlediska zaformování a ukázána možná náhrada konstrukcí, která by byla z hlediska výroby jednodušší.

Celá práce je pro přehlednost doplněna obrázky, kresbami popřípadě výkresy.

KLÍČOVÉ POJMY

Plasty, PA, Polyamid, PP, Polypropylén, PBT, Polybutyléntereftalát, POM, Polyhydroxymetylén, PC, Polykarbonát, ABS, Akrylnitril-butadiénstyren, členění termoplastů, nasákavost, deformace, DIN 16901, smrštění, tolerance, konstrukce, vstřikovací forma, CAD.

ANNOTATION

The theoretical part is focused on evaluation of chosen „essential“ plastics used in the car industry. The principles of construction and proportioning of plastic components, basic conception of injection moulding and measurement follow. Another section of the theoretical part presents a summary of possible CAD systems, which are used.

The practical part is focused on a particular plastic moulding. It includes the main description of a component with its material choice in dependence on the component function. Another section contains evaluation of the component complexity from the viewpoint of moulding, and a possible substitution of constructions, which could be productively simpler, is shown.

The whole thesis is completed for better lucidity by pictures, drawings, and mechanical drawings.

KEY WORDS

Plastics, PA, polyamide, PP, polypropylene, PBT, Polybutylene terephthalate, POM, Polyhydroxy methylene, PC, polycarbonate, ABS, Acrylonitrile butadiene styrene, thermoplastic classification, absorbability, deformation, DIN 16901, shrinkage, permissible variation, construction, injection mould, CAD.

OBSAH

CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE.....	10
ÚVOD.....	11
TEORETICKÁ ČÁST	
1. PŘEHLED NEJDŮLEŽITĚJŠÍCH TERMOPLASTŮ POUŽÍVANÝCH V AUTOMOBILOVÉM PRŮMYSLU	14
1.1 Členění termoplastů	14
1.2 Základní parametry nejpoužívanějších termoplastů.	15
1.3 Porovnání nasákavosti u polyamidů	22
1.4 Veličiny ovlivňující parametry plastických hmot.....	25
2. DEFORMACE PLASTŮ PŘI ZATÍŽENÍ.....	27
2.1 Mechanické namáhání, deformace.....	27
2.1.1 Elastická deformace.....	27
2.1.2 Viskózně-elastická deformace.....	27
2.1.3 Viskózní deformace.....	28
2.2 Shrnutí.....	28
3. DIMENZOVÁNÍ VSTŘIKOVANÝCH PLASTOVÝCH VÝLISKŮ.....	30
3.1 Vlivy na rozměrové změny plastových dílů – grafické znázornění.....	30
3.2 Stanovování tolerancí u plastových výrobků - norma DIN 16 901.....	31
3.2.1 Výtah z normy DIN 16 901 – smrštění při zpracování....	31
3.2.2 Výtah z normy DIN 16 901 – obecné tolerance.....	32
3.2.3 Výtah z normy DIN 16 901 - rozměry spojené s nástrojem, rozměry nespojené s nástrojem.....	36
3.2.4 Výtah z normy DIN 16 901 – zúžení tolerancí	37
3.2.5 Výtah z normy DIN 16 901 – formovací úkos.....	37

3.2.6 Výtah z normy DIN 16 901 – podmínky pro přejímku.....	38
3.3 Stanovování tolerancí u plastových výrobků – obecný princip.....	38
4. KONSTRUKCE DÍLŮ Z PLASTU.....	39
4.1 Konstrukce a dimenzování – oblast výlisku.....	39
4.1.1 Tloušťka stěny.....	39
4.1.2 Zaoblení.....	40
4.1.3 Úkosy.....	41
4.1.4 Podkosy.....	42
4.1.5 Žebra.....	43
4.1.6 Upevňovací výstupky.....	44
4.1.7 Rovinné plochy.....	45
4.1.8 Dosedací plochy.....	46
4.1.9 Otvory.....	47
4.1.10 Zálisky, zástřiky.....	49
4.2 Konstrukce a dimenzování – spoje.....	49
4.2.1 Šroubové spoje.....	49
4.2.2 Západkové spoje.....	49
4.2.3 Spoje ohybem.....	51
5. KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY.....	52
5.1 Popis, použití a konstrukce formy.....	52
5.1.1 Zkušební formy.....	52
5.1.2 Sériové formy.....	54
5.1.3 Korekce forem.....	57
5.2 Propojení formy s lisem.....	59
6. KONTROLA JAKOSTI.....	60

6.1 Měření.....	60
7. CAD SYSTÉMY POUŽÍVANÉ V AUTOMOBILOVÉM PRŮMYSLU.....	62
7.1 Catia V5.....	62
7.1.1 Catia V5 - modulární systém.....	62
7.2 Unigraphics NX.....	64
7.2.1 UG-NX - modulární systém.....	65
7.3 CAD systémy	66
PRAKTICKÁ ČÁST	
8. VYBRANÝ DÍL - POPIS, VÝBĚR MATERIÁLU, ZAFORMOVÁNÍ	69
8.1 Popis dílu.....	69
8.2 Materiál dílu.....	69
8.3 Konstrukce dílu.....	70
8.4 Zaformování dílu.....	71
8.4.1 Zaformování dílu „Base“	71
9. MOŽNÁ NÁHRADA SLOŽITĚ FORMOVATELNÉHO DÍLU JEDODUŠŠÍM, PŘI ZACHOVÁNÍ FUNKČNOSTI	74
9.1 Úprava konstrukce.....	74
9.2 Zaformování dílu „New base“	75
9.3 Možná koncepce formy „New base“	77
10. ZÁVĚR.....	78
11. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A PRAMENŮ.....	79

CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Při výběru tématu této diplomové práce bylo základním kritériem její možné využití v praxi a to zejména při zaškolování nebo výuce nových zaměstnanců, kteří se seznamují s problematikou plastů.

Cílem tedy je, přinést přehled o základních, nejvíce používaných plastech v automobilovém průmyslu, u některých z nich ukázat možný rozsah použití, vlastnosti a přiblížit konstrukční zásady, při návrhu výlisku.

V části praktické je pak cílem ukázat „způsob myšlení“ vývojového pracovníka a praktické postupy při návrhu konkrétního dílu, jeho možné náhradě dílem, odlišně formovaným, tedy i odlišnou možností výroby a schématem nástroje.

Využití této práce je možné nejen v oblasti „praxe“, ale je možné rozšířit použití i do oblasti školství, kdy se studenti mohou seznámit se stále více se rozvíjejícím odvětvím a nahlédnou tak do oblasti konstrukce a zpracování plastů.

ÚVOD

Existuje mnoho důvodů pro využití plastů v automobilovém průmyslu. Nejdůležitějším argumentem je úspora hmotnosti, aniž by se tím ovlivnily bezpečnostní aspekty. Vedle této funkce však plasty v hojně míře podporují možnosti tvarování a designu.

Podíl plastů v moderní výrobě automobilů neustále stoupá. Dle internetového čtrnáctideníku CADnews je podíl plastů následující: „V průměrném automobilu je asi 750 dílů z plastu. Podíl termoplastů na materiálovém složení osobního automobilu je tedy přibližně 8%. Celková hmotnost termoplastických materiálů v osobním automobilu se u různých typů výrazně liší. Podle technické úrovně konstrukce a velikosti automobilu se v případě střední třídy na výrobu jednoho automobilu použije obvykle 130 až 145 kg plastů. Největší podíl plastových dílců obsahuje karosérie, nejméně podvozek. Podle druhu jsou nejvíc využívané materiály na bázi polypropylenu (35%), následují různé druhy polyamidů (14%), polyetylén (10%) a polymery ABS (7%). Přitom stále stoupá podíl plastových dílů i v karosářské oblasti.“

Internetový čtrnáctideník CADnews [14] dále uvádí: „Nedostatek místa ve voze nutí výrobce umísťovat plasty stále blíže motoru nebo měřicích senzorů. Proto je vysoká teplota a agresivita prostředí v blízkosti oleje novou výzvou pro výrobce plastů. Většinou byly nahrazovány především hliníkové díly automobilů termoplasty s tím, že bylo nutné dosáhnout asi 25-ti procentního snížení ceny a 50-ti procentního snížení hmotnosti. Hledají nové plasty k nahrazení i velmi horkých částí motorů, jako jsou olejové vany pod klikovou skříní, a nové materiály, které by nadále nahrazovaly pouzdra ložisek, táhla, převodníky a další součástky.“

Ze všech oblastí strojírenské výroby jsou aplikace plastů právě v automobilovém průmyslu ekonomicky nejefektivnější. Toto odvětví průmyslu je tedy také jedním z jejich nejvýznamnějších odběratelů. Současné široké uplatnění termoplastů při konstrukci a výrobě automobilů je výsledkem sladění

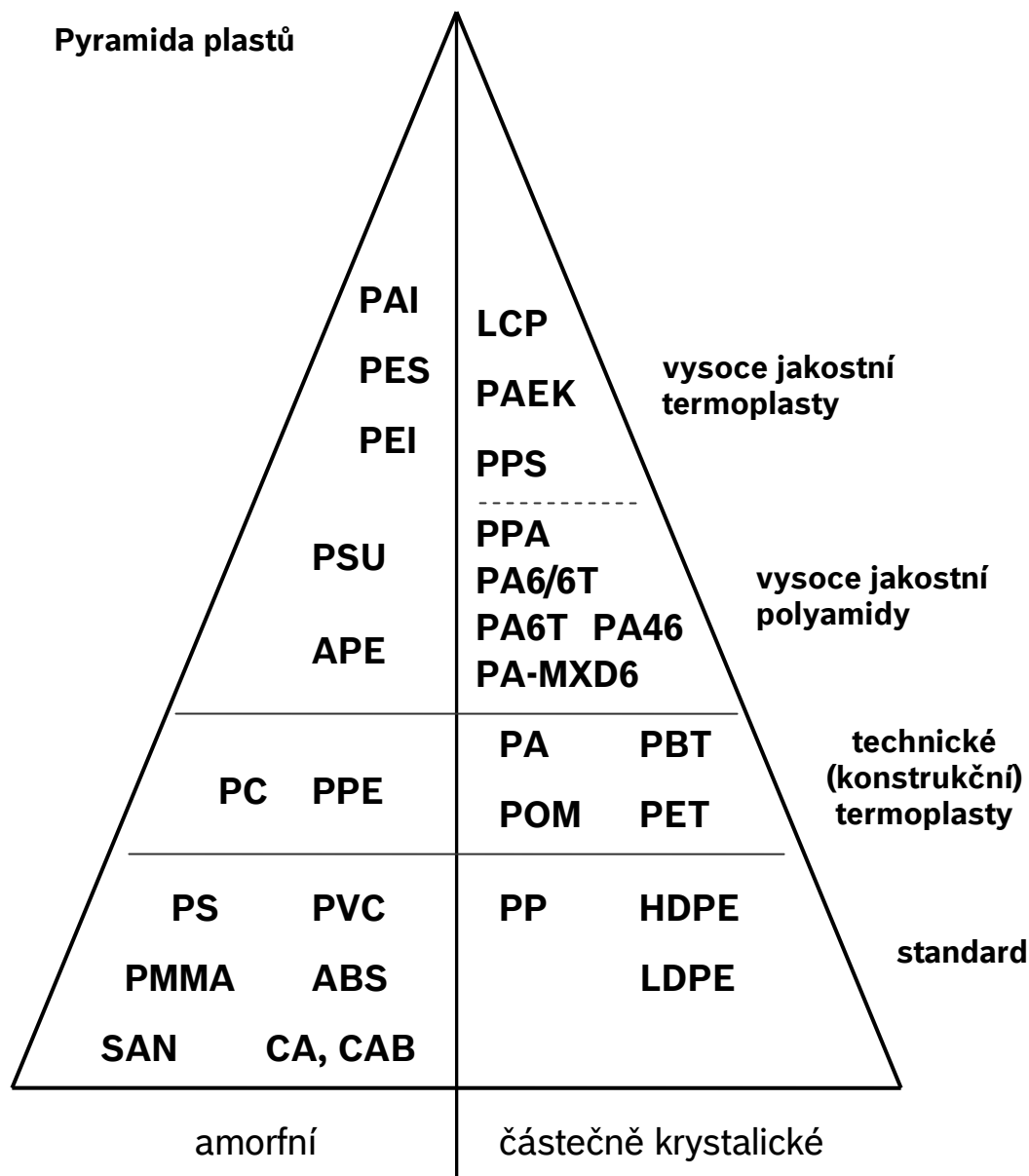
specifických požadavků konstrukce a technologie výroby automobilů se specifickými materiálovými vlastnostmi plastů a technologií jejich zpracování.

Je nutné poznamenat, že každý plastový výlisek se neobejde bez jeho návrhu v CAD. Návrh a realistické ztvárnění výrobku pomocí CAD systémů umožňují výrobcům udělat průzkum, zda má výrobek požadovaný tvar, kterým zaujme a také otestovat vhodnost povrchových úprav a barevných řešení. Kromě realistické vizualizace je možné z CAD dat za pomoci rapid prototypingu vyrobit i „hmatatelný“ model. To se děje ještě v době, kdy potenciální zájemce o produkt netuší, že jde jen o „virtuální“ realitu. S pomocí komentářů nebo výhrad ke tvaru a estetice výrobku se udělají úpravy na virtuálním modelu a teprve následně se může začít s výrobou nástrojů pro sériovou výrobu za nejnižších možných nákladů.

TEORETICKÁ ČÁST

1. PŘEHLED NEJDŮLEŽITĚJŠÍCH TERMOPLASTŮ POUŽÍVANÝCH V AUTOMOBILOVÉM PRŮMYSLU

1.1 Členění termoplastů



Zpracováno dle [1].

Zkratka	Chemický název	Obchodní název (příklad)
PAI	Polyamidimid	Torlon
PES	Polyétersulfon	Ultrason E
PEI	Polyéterimid	Ultem
PSU	Polysulfon	Ultrason S
APE	Aromatický polyester	Apec
FP	Fluóropolymer	Tefzel
LCP	Liquid-crystal-polymer	Vectra
PAEK	Polyakryléterketony	Ultrapeak
PPS	Polyfenylsulfid	Fortron
PPA	Polyftalamid	Amodel
PA6/6T	PA částečně aromatizovaný	Ultramid T
PA6T	Polyamid 6T modifikovaný	Arlen
PA46	více krystalický PA	Stanyl
PA-MXD6	Polyarylamid	Lxef
PC	Polykarbonát	Lexan
PPE	Polyfenylenéter	Noryl
PA	Polyamid	Ultramid, Spolamid, Silon
PBT	Polybutyléntereftalát	Pocan, Ultradur
PET	Polyetyléntereftalát	Rynite
POM	Polyoximetylen	Hostaform
PS	Polystyrén	Vystyron, Krasten
PVC	Polyvinylchlorid	Vestolid, Neralit
PMMA	Polymethylmetakrylát	Plexisklo, Umaplex
ABS	Akrylonitril-butadién-styrén	Novodur, Forsan
SAN	Styrén-akrylonitril	Luran
ASA	Akrylester-styrén-akrylonitril	Luran S
CA/CAB	Acetylcelulóza/acelobutyrate celulózy	Cellidor
PP	Polypropylén	Hostalen PP, Celstran,
HDPE	Polyetylen s vyšší hustotou	Lupolen, Taboren, Liten
LDPE	Polyetylen s nižší hustotou	Lupolen, Taboren, Liten

1.2 Základní parametry nepoužívanějších termoplastů.

Při hledání vhodného plastu pro určitou aplikaci jsou prvním kritériem vlastnosti, které jsou základním předpokladem pro „úspěšnost“ konstrukce. V této kapitole budou tedy uvedeny základní vlastnosti, v automobilovém průmyslu, nepoužívanějších plastů.

1. Polyamid 6 (PA6)

PA6 je částečně krystalický termoplast s bodem tání 215-225°C a kompaktním vzhledem.

Důležité vlastnosti:

- Vysoká mechanická pevnost a tuhost.
- Dobrá houževnatost za studena.
- Dobrá teplotní odolnost.
- Vysoká nasákavost vodou (obsah vlhkosti ovlivňuje mechanické vlastnosti). Čerstvě odstříknuté díly jsou křehké. Houževnatost je zlepšena následným kondicionováním (dodání vlhkosti). Při zvyšování vlhkosti dochází k bobtnání, které může být příčinou rozměrových odchylek.
- Dobré kluzné vlastnosti u neplněných materiálů (důležité pro výrobu ozubených kol).
- Otěruvzdornost.
- Dobrá odolnost vůči chemikáliím:
 - Odolné vůči: Minerální oleje, rostlinné a živočišné tuky a oleje.
 - Není odolný vůči: Koncentrované kyseliny, louhy.
- Dobré izolační vlastnosti.
- Bezproblémové zpracování, například vstřikováním.

Příklady použití:

součásti plynových pedálů, ozubená kola, skříně a kryty v motorovém prostoru, držáky kabelů

Zpracováno dle podkladů z [1].

2. Polyamid 66 (PA66)

PA66 je částečně krystalický termoplast s bodem tání 255-265°C a kompaktním vzhledem. Mezi ostatními polyamidy se PA66 vyznačuje zejména vysokou pevností, tvrdostí a vysokou odolností proti opotřebení.

Důležité vlastnosti:

- Vysoká mechanická pevnost a tuhost.
- Dobrá houževnatost za studena.

- Dobrá teplotní odolnost.
- Vysoká nasákavost vodou stejně jako u PA6 (obsah vlhkosti ovlivňuje mechanické vlastnosti). Čerstvě odstříknuté díly jsou křehké. Houževnatost je zlepšena následným kondicionováním (dodání vlhkosti). Při zvyšování vlhkosti dochází k bobtnání, které může být příčinnou rozměrových odchylek.
- Dobré kluzné vlastnosti u neplněných materiálů (důležité pro výrobu ozubených kol).
- Otěruvzdornost.
- Dobrá odolnost vůči chemikáliím:
 - Odolné vůči: Minerální oleje, rostlinné a živočišné tuky a oleje.
 - Není odolný vůči: Koncentrované kyseliny, louhy.
- Dobré izolační vlastnosti.
- Bezproblémové zpracování, například vstřikováním.

Příklady použití:

součásti plynových pedálů v aplikacích s vyšším namáháním, ozubená kola, vedení řetězů, díly palivových čerpadel, palivové filtry, kluzná ložiska

Zpracováno dle podkladů z [1].

3. Polyamid 12 (PA12)

PA12 je částečně krystalický termoplast s bodem tání 175-185°C a kompaktním vzhledem. Mezi ostatními polyamidy se PA12 vyznačuje zejména nejmenší nasákavostí vodou, mechanické vlastnosti tohoto materiálu jsou proto do značné míry nezávislé na vlhkosti.

Důležité vlastnosti:

- Vysoká mechanická pevnost a tuhost.
- Dobrá houževnatost za studena.
- Dobrá teplotní odolnost.

- Tvarová stálost za tepla není tak vysoká jako u PA6 a PA66 (vliv významně nižší teploty tání).
- Malá nasákavost vodou ve srovnání s PA6 a PA66.
- Malé bobtnání, tzn. vyšší rozměrová stálost.
- Dobré kluzné vlastnosti u neplněných materiálů (důležité pro výrobu ozubených kol).
- Otěruvzdornost.
- Dobrá odolnost vůči chemikáliím:
 - Odolné vůči: Minerální oleje, rostlinné a živočišné tuky a oleje.
 - Není odolný vůči: Koncentrované kyseliny, louhy.
- Dobré izolační vlastnosti.
- Bezproblémové zpracování, například vstřikováním, vytlačováním.

Příklady použití:

palivové potrubí, přesné díly zapalování, ozubená kola, vedení řetězů, palivové filtry, kluzná ložiska

Zpracováno dle podkladů z [1].

4. Polypropylén (PP)

PP je částečně krystalický termoplast s bodem tání 164-168°C a kompaktním vzhledem.

Důležité vlastnosti:

- Nízká hustota z technických plastických hmot je PP termoplastem s nejnižší hustotou.
- Malá náchylnost k vytváření trhlinek.
- Nízká odolnost vůči UV záření (je možné zvýšit vhodnou stabilizací - vynikajícím, a přitom velmi levným způsobem UV stabilizace je pigmentace materiálu sazemi).
- Nízká oxidační odolnost (možno výrazně zvýšit stabilizátory).
- Dobrá odolnost vůči chemikáliím.

- Možnost metalizace.
- Dobrá zpracovatelnost, například vstřikováním a obrobitelnost.

Příklady použití:

součásti plynových pedálů, skříně akumulátorů, krytky, nárazníky, spoilery, palubní desky

Zpracováno dle podkladů z [1].

5. Polyhydroxymetylén (POM)

POM je částečně krystalický termoplast s bodem tání 164-177°C a kompaktním vzhledem.

Důležité vlastnosti:

- Vysoká tvrdost, tuhost a houževnatost (do -40°C).
- Dobrá mechanická pevnost.
- Vysoká tvarová paměť (pružinový efekt).
- Dobré kluzné vlastnosti díky tvrdému otěruvzdornému povrchu (nižší než u PA).
- Dobrá tvarová stálost za tepla.
- Dobré dielektrické parametry.
- Malá nasákavost vodou.
- Dobrá odolnost vůči chemikáliím:
 - Odolné vůči: Organická rozpouštědla, paliva neobsahující metanol, zásady.
 - Není odolný vůči: Kyseliny a oxidační látky.
- Dobrá zpracovatelnost. Při teplotě 250°C dochází k rozpadu, což je možno poznat i z výrazného zápachu formaldehydu. Tato teplota nesmí být při zpracování překročena.

Příklady použití:

součásti plynových pedálů, ozubená kola, kluzné elementy, pouzdra, ložiska,

víka a plnicí hrdla nádrží, části nádržových modulů

Zpracováno dle podkladů z [1].

6. Polybutyléntereftalát (PBT)

PBT je částečně krystalický termoplast s bodem tání 218-228°C a kompaktním vzhledem.

Důležité vlastnosti:

- Vysoká tvrdost, tuhost a pevnost.
- Relativně dobrá houževnatost i za nízkých teplot.
- Malá nasákavost ve srovnání s PA6 a PA66.
- Malé bobtnání, tzn. vyšší rozměrová stálost.
- Vysoká tvarová stálost za tepla.
- Dobré kluzné vlastnosti a odolnost vůči opotřebení (plněné materiály).
- Odolnost vůči chemikáliím:
 - Odolné vůči: Minerální oleje, rostlinné a živočišné tuky a oleje.
 - Není odolný vůči: Koncentrované kyseliny a louhy.
- Bezproblémová zpracovatelnost při použití dobře vysušeného granulátu (obsah vlhkosti granulátu pod 0,02%).

Příklady použití:

skříně s požadavkem na teplotní stálost – zejména pro uložení sensoriky a elektrické součástí

Zpracováno dle podkladů z [1].

7. Polykarbonát (PC)

PC je amorfní termoplast.

Důležité vlastnosti:

- Vysoká pevnost, tuhost, tvrdost a houževnatost v širokém rozsahu teplot.

- bez vyztužení v rozsahu od -150 do +135°C

- s vyztužením v rozsahu od -150 do +145°C

- Transparentní materiál s vysokým povrchovým leskem i bez následných úprav.
- Vysoká teplotní odolnost.
- Dobré dielektrické vlastnosti a to i při vlivu vlhkosti.
- Relativně dobrá odolnost vůči UV záření a odolnost vůči povětrnostním vlivům, které je možno dále zvýšit použitím vhodných stabilizátorů.
- Dobrá rozměrová stálost, nasákavost vodou minimální.
- Relativně těžko hořlavý se samozhášecími vlastnostmi, požární odolnost je možno zvýšit použitím vhodných přísad.
- Omezená odolnost vůči chemikáliím:
 - Odolné vůči: Slabé kyseliny, solné roztoky.
 - Není odolný vůči: Silné kyseliny, louhy, aromatické uhlovodíky, organická rozpouštědla.
- Bezproblémová zpracovatelnost pouze při použití dobře vysušeného granulátu. Obsah vlhkosti v granulátu nesmí přesáhnout 0,02%.

Příklady použití:

transparentní skříně, kryty, ochranné přilby, kryty světlometů, kontrolky

Zpracováno dle podkladů z [1].

8. Akrylnitril-butadién-styren-terpolymery (ABS)

ABS jsou amorfní termoplasty. Vlastnosti těchto materiálů je možno měnit změnou poměrného zastoupení jednotlivých složek. Akrylnitrilové složky zvyšují chemickou a teplotní odolnost, butadienové složky zvyšují rázovou houževnatost zejména při nízkých teplotách a snižují tvarovou stálost za tepla.

Důležité vlastnosti v závislosti na druhu:

- Vysoká pevnost a tuhost.

- Vysoká tvrdost a částečná odolnost proti poškrábání.
- Vysoká tvarová stálost za tepla.
- Relativně malá nasákavost.
- Vysoká odolnost vůči chemikáliím.
- Vhodné pro galvanizování.

I přes malou nasákavost, je nutno granulát ABS před zpracováním vysušit, čímž je zajištěn hladký povrch výstřiků bez bublinek.

Příklady použití:

krycí rámečky světlometů, chladiče, telefonické přístroje

Zpracováno dle podkladů z [1].

1.3 Porovnání nasákavosti u polyamidů

Vzhledem k množství zpracovávaných polyamidů v automobilovém průmyslu, je důležité uvést a porovnat základní parametr polyamidů a to je jeho nasákavost, která může negativně ovlivňovat konečné výrobky již ve fázi samotného zpracování, tzn. nedostatečně vysušený granulát, jednak samotný díl, který po stabilizaci vodou změní své rozměry a tím i funkci jak dílu samotného, tak i celé sestavy daného výrobku. V případě, že má takový díl splňovat i požadavky pevnostní, hraje zde tento parametr důležitou roli, jak ukazuje tabulka č. 2.

V následujících grafech č. 2 a č. 3 bude uvedeno porovnání některých polyamidů z hlediska nasákavosti a to jak neplněných, tak i s podílem skelné složky. Je zde vidět, jak přidané sklo pozitivně ovlivňuje tento negativní parametr.

Pro úplné pochopení důležitosti tohoto parametru budou v následující tabulce č. 1 a grafu č. 1 uvedeny procentuální změny rozměrů a hmotností některých nejpoužívanějších polyamidů.

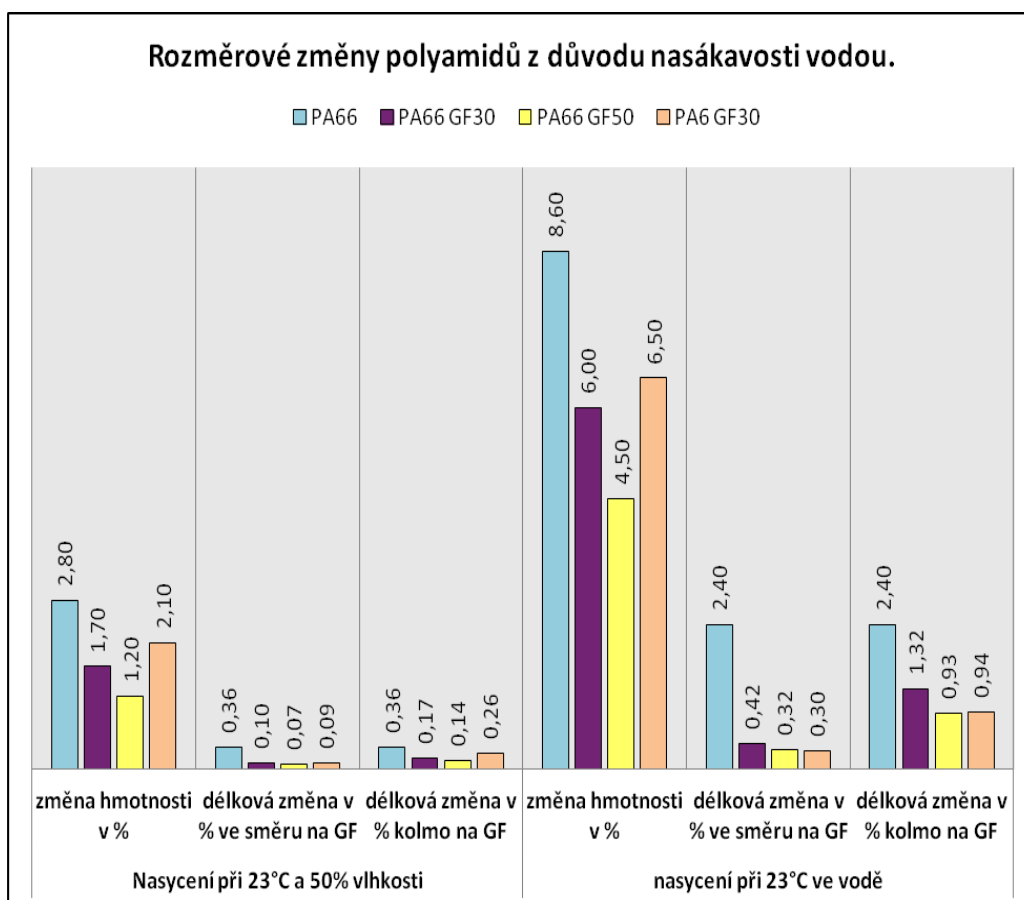
Zpracováno dle podkladů z [1].

Tabulka č. 1 [1]

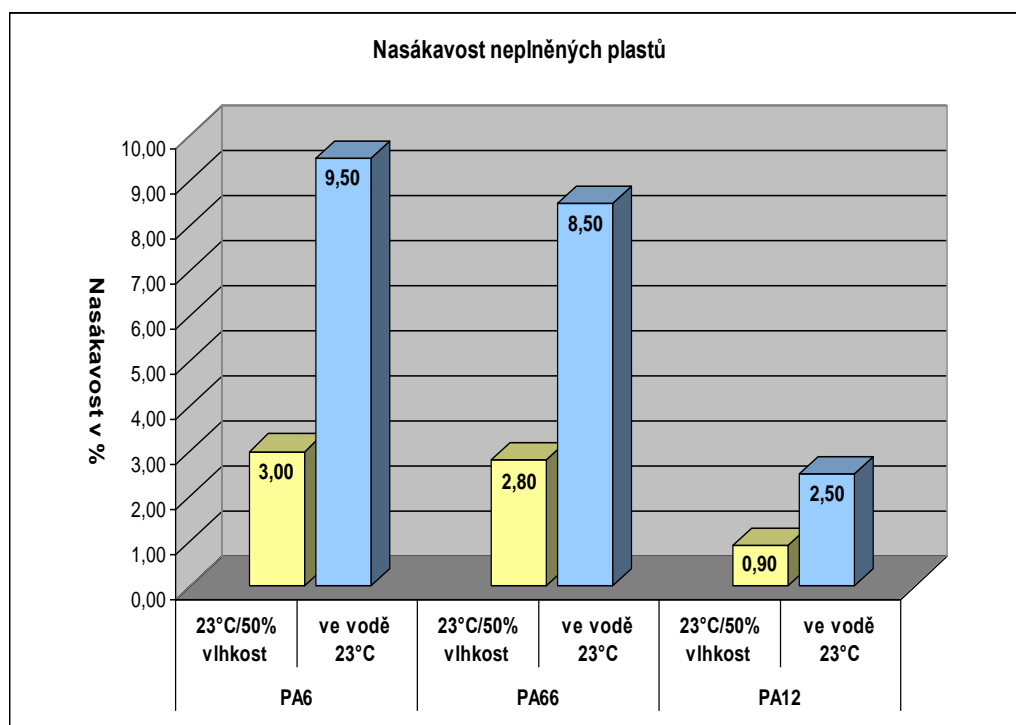
Rozměrové změny polyamidů z důvodu nasákavosti vodou						
	Nasycení při 23°C a 50% vlhkosti			nasycení při 23°C ve vodě		
	změna hmotnosti v %	délková změna v % ve směru na GF	délková změna v % kolmo na GF	změna hmotnosti v %	délková změna v % ve směru na GF	délková změna v % kolmo na GF
PA66	2,80	0,36	0,36	8,60	2,40	2,40
PA66 GF30	1,70	0,10	0,17	6,00	0,42	1,32
PA66 GF50	1,20	0,07	0,14	4,50	0,32	0,93
PA6 GF30	2,10	0,09	0,26	6,50	0,30	0,94

Pozn. GF-glass fibre-skelné vlákno

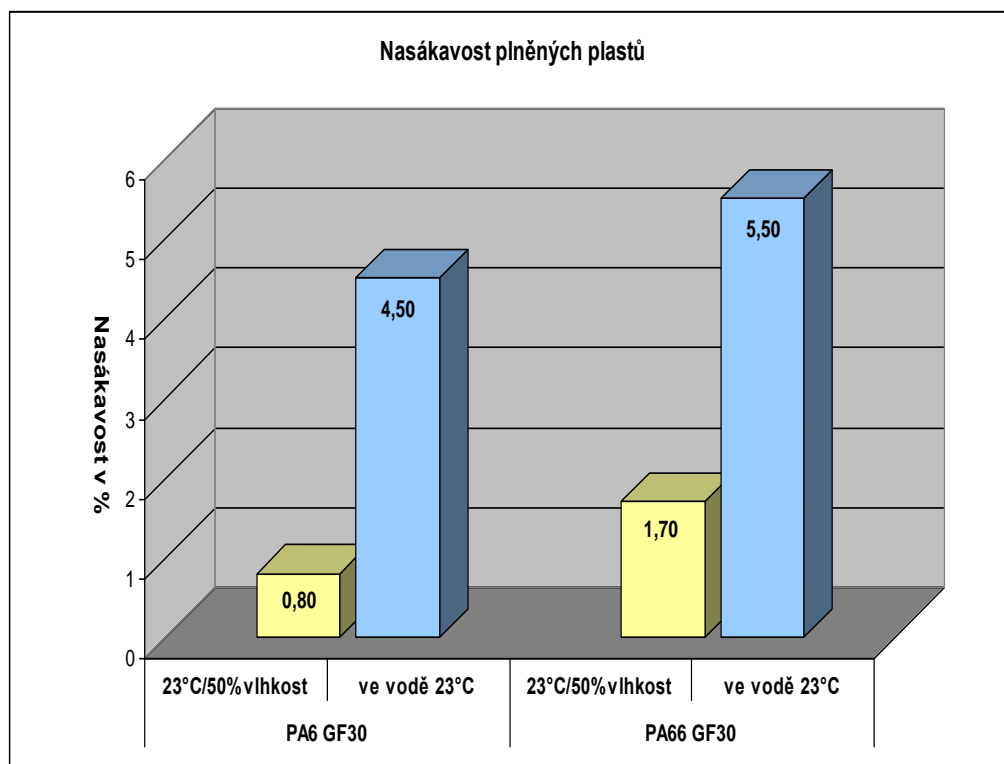
Graf č. 1 [1]



Graf č. 2 [1]



Graf č. 3 [1]



V následující tabulce č. 2 budou zobrazeny základní pevnostní parametry materiálu PA66-GF30 za suchého stavu a po stabilizaci vodou.

Tabulka č. 2 [1]

Porovnání materiálů PA66 GF30 suchý/vlhký							
	hustota	pevnost v tahu	protažení při lomu	E-modul v tahu	rázová houževnatost	teplota použitelnosti	teplota použitelnosti
	g/cm ³	N/mm ²	%	N/mm ²	kJ/mm ²	°C krátkodobá.	°C dlouhodobá
PA66 GF30 suchý	1,36	190	3	10 000	45	200	130
PA66 GF30 vlhký 23/50 1,7% vody	1,36	130	5	7 000	60	200	130

1.4 Veličiny ovlivňující parametry plastických hmot

K tomu, abychom z plastů produkovali kvalitní výrobky, je nutné vzít v úvahu některé parametry, které nám mohou výsledný produkt ovlivnit a to jak již ve fázi konstrukce, zpracování, ale například i skladování. Je však nutné poznamenat, že i následná doprava k samotnému zákazníkovi nemusí proběhnout zcela bez následků. V současném globálním světě se může jako velice problémové ukázat například využívání lodní dopravy, kde dle výše uvedeného mohou takové plasty, jakými jsou polyamidy, absorbovat takové množství vody, že požadované zákaznické parametry nemusí být po doručení v deklarovaných hodnotách. Také je třeba počítat s tím, že na různých místech světa bývá obvykle rozdílné podnebí, vlhkost, teplota a to jsou vše vlivy, jejichž podceňování by mohlo vést až vážným závadám celého produktu, jakým je například motorové vozidlo.

Následně budou uvedeny parametry, které by mohly výsledný produkt ovlivnit a to čtyřmi nejdůležitějšími faktory: geometrie, zpracování, struktura materiálu a namáhání.

- Geometrie: rozměry
vruby
spoje (svary)
poloha vtoku
povrch
- Zpracování: teplota taveniny
teplota nástroje
rychlost čela proudu taveniny při vstřikování
dotlak
- Struktura: orientace molekul
orientace vláken
vnitřní pnutí
krystalizace
- Namáhání: stav namáhání
čas
rychlost
počet cyklů (vibrace)
okolní prostředí
média

Zpracováno dle podkladů z [1].

2. DEFORMACE PLASTŮ PŘI ZATÍŽENÍ

„Plasty jsou zařazovány mezi viskózně elastické materiály, to znamená, že jejich vlastnosti jsou určeny interferencí viskózního a elastického chování. Dalším parametrem plastických hmot, je silná závislost jejich vlastností na teplotě, která se projevuje v některých případech už i za pokojové teploty.

Oběma těmito faktorům (viskózní chování, závislost vlastností na teplotě) je nutno věnovat při používání plastických hmot zvláštní pozornost, neboť představují zásadní odlišnost například ve srovnání s vlastnostmi kovových materiálů.“

2.1 Mechanické namáhání, deformace

„Následkem mechanického namáhání materiálu dochází k jeho deformaci. Tato deformace se principiálně skládá ze tří složek.“

2.1.1 Elastická deformace

„Elastická deformace se vyznačuje tím, že každému mechanickému zatížení působícímu na materiál je možno přiřadit odpovídající deformaci (protažení, stlačení). Deformace je vyvolána v okamžiku zatížení. Po odlehčení dochází k okamžitému zrušení deformačních účinků, tzn. materiál opět nabývá svůj původní tvar.

U elastických materiálů je poměr napětí a protažení (deformace) konstantní, tzn. jeho grafickým vyjádřením je přímka.“

2.1.2 Viskózně-elastická deformace

„U viskózně-elastických materiálů je při zatížení rovněž možno pozorovat vývin deformace, ta však nedosáhne svého maxima okamžitě po zatížení, ale až s určitým časovým zpožděním. Je možno konstatovat, že v tomto případě zaostává deformace za působícím napětím (zatížením)

Stejné chování je možné pozorovat i po odlehčení. Po odstranění zatížení můžeme v první fázi pozorovat spontánní odbourávání deformace.

Materiál se však nevrací okamžitě do původního tvaru. Výchozího stavu je dosaženo až za delší dobu po odlehčení materiálu.

U viskózně-elastických materiálů nemá závislost deformace na napětí tvar přímky, neboť v čase dochází ke změně strmosti, tzn. průběh deformace je závislý na čase.“

2.1.3 Viskózní deformace

„Viskózní deformace je charakteristická tím, že materiál vykazuje při konstantním zatížení rostoucí deformaci. Deformování materiálu je po odlehčení zastaveno, nedojde však a to ani po delší době k úplnému navrácení materiálu do původního stavu, tzn. na zkušebním tělese je možno pozorovat určitou trvalou (zbytkovou) deformaci.

Rovněž v případě viskózních deformací není závislost deformace na napětí lineární, ale dochází k její proměně v čase.“

2.2 Shrnutí

„U žádného materiálu nedochází v praxi k výskytu některého z dříve popsaných způsobů deformace ve zcela čisté formě. Přesto je u některých materiálů, například kovů, uvažováno s čistě elastickými deformacemi – Hookovým zákonem. Důvod tohoto přístupu je nutno spatřovat zejména v matematické jednoduchosti vyjádření závislosti deformace na působícím zatížení. Z tohoto důvodu je obdobný postup používán i u plastů, ovšem s jedním omezením, které bude popsáno v následujícím.

Rovnice teorie pružnosti (elasticity) jsou založeny na předpokladu, že mezi napětím a deformací existuje lineární závislost. Tato závislost je Hookovým zákonem definována pomocí funkce: $\varepsilon = \sigma/E$

Chování materiálu je v tomto případě známé, je-li znám jeho modul pružnosti E. U plastů tomu tak bohužel není, neboť zde není možno definovat jednoduchou lineární závislost. Elastické chování je zde ovlivněno i viskózním chováním, z čehož plyne změna závislosti deformace na napětí, která je proměnná v čase. Kromě toho je tato závislost ovlivněna i teplotou.

Takové chování je možné pozorovat i u kovů, ovšem až při výrazně vyšších teplotách (Například u tepelně a mechanicky vysoce namáhaných dílů, jako jsou například lopatky turbín, kde je na základě zkušeností uvažováno s 0,2% plastickou deformací).

Naproti tomu u plastických hmot je možno takové chování pozorovat již při pokojových teplotách. Z tohoto důvodu má poznání závislost deformací na napětí pro výpočet dílů zásadní význam.

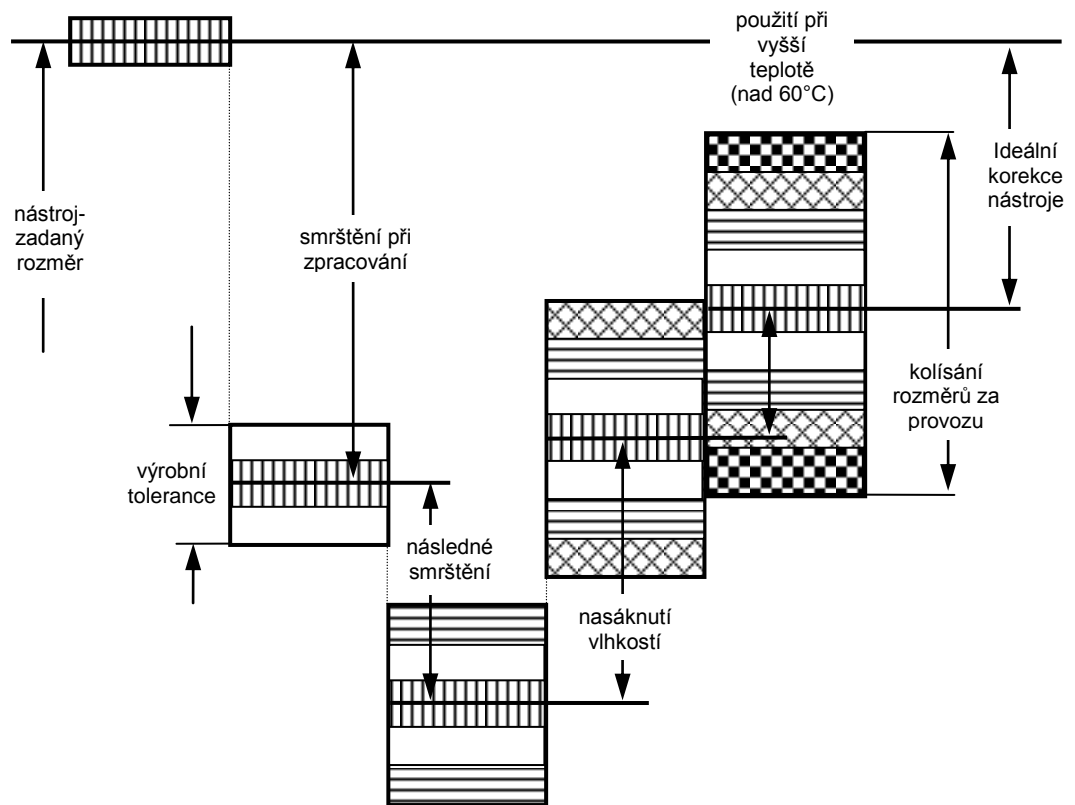
Při výpočtech plastových dílů je možné pracovat s materiálovými parametry stanovenými na základě zkoušek provedených dle norem DIN. U dlouhodobého zatížení je při výpočtu používáno křivek závislosti deformace na době zatížení, které jsou poskytovány přímo výrobcem plastů.






V této souvislosti je však nutné poznamenat, že v řadě případů není možné provést u plastových dílů exaktní pevnostní výpočty, potom je možné výpočty použít pouze pro první odhad rizika, které musí být dále ověřeny praktickými zkouškami. Již malé změny teplot, například z 60°C na 80°C, mohou učinit výsledky výpočtů nepoužitelnými. Z tohoto důvodu není možné se nikdy zcela spolehnout na výsledky výpočtů a vypočtené hodnoty je nutné ověřit praktickými zkouškami.“

Kapitola 2. citována dle podkladů z [1], z důvodu celkového přehledu a na základě zkušeností získaných z Robert Bosch České Budějovice.

3. DIMENZOVÁNÍ PLASTOVÝCH VSTŘIKOVANÝCH VÝLISKŮ

3.1 Vlivy na rozměrové změny plastových dílů – grafické znázornění



-  výrobní tolerance formy
-  výrobní tolerance dílce
-  tolerance pro následné smrštění v normálním klimatu
-  výrobní z důvodu nasákavosti
-  výrobní z důvodu nasákavosti

Převzato z Robert Bosch č.: TF00732, FV/PLK1

3.2 Stanovování tolerancí u plastových výrobků - norma DIN 16 901

„Tolerance pro tvářené díly z plastů není možné převzít ze základních tolerancí ISO, neboť jejich přiřazování ke jmenovitým rozměrům podléhá jiným zákonitostem.

Při výrobě tvářených dílů z plastů nelze zabránit výskytu odchylek od jmenovitých rozměrů. Příčinou těchto odchylek jsou různé vlivy:

- a) Výrobní rozptyl, který je závislý na:
 - homogenitě formovací hmoty
 - seřízení stroje
 - teplotě nástroje
 - deformaci nástroje pod tlakem
- b) Stav nástroje
 - výrobní tolerance nástroje
 - opotřebení nástroje
 - odchylky polohy pohyblivých částí formy

Při stanovování tolerancí plastových výrobků používáme jako základní vodítko normu DIN 16 901. Tolerance v této normě jsou stanoveny na základě rozsáhlého praktického výzkumu.

Pro úplnost je nutné uvést, že tato norma byla zrušena, ale žádnou jinou tato nahrazena nebyla. Proto je i nadále konstruktéry využívána, neboť jako základní „stavební kámen“ je zcela dostačující a to hlavně u méně zkušených konstruktérů s neznalostí procesů konstrukce a zpracování plastů.

Normu DIN 16 901 z hlediska tolerování dílů je:

- **Možné použít** pro rozměry tvářených dílů z plastů – termoplastů i reaktoplastů vyrobené technologií lisování, tlakové vstřikování, lití.
- **Není možné použít** pro protlačované, vyfukované, tažené, sintrované.“

3.2.1 Výťah z normy DIN 16 901 – smrštění při zpracování

„Pod pojmem smrštění při zpracování VS je rozuměn rozdíl mezi rozměry nástroje L_w při $23^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$ a rozměry tvářeného dílu L_p , který je po

vyrobení uložen na 16 hodin v normálním klimatu dle Din 50 014-23/50-2 a bezprostředně poté proměřen.“

$$VS = \left(1 - \frac{L_F}{L_w}\right) \cdot 100 [\%]$$

„Radiální smrštění při zpracování VSR

Radiální smrštění při zpracování VSR je smrštění ve směru vstřikování.“

„Tangenciální smrštění při zpracování VST

Tangenciální smrštění při zpracování VST je smrštění kolmo na vstřikování.“

„Tangenciální smrštění při zpracování ΔVS

Rozdíl smrštění při zpracování ΔVS je rozdíl mezi radiálním a tangenciálním smrštění při zpracování.“

$$\Delta VS = VSR - VST$$

3.2.2 Příklad použití normy DIN 16 901

Věcná poznámka zvyklostí v RBCB: Při tolerování dílů je obecně zavedená zvyklost v RBCB tolerovat každou kótu, která je na výkrese obsažena, není-li její tolerance uvedena v textu nad razítkem. Tolerance stanovujeme z obecných tolerancí normy DIN 16 901 anebo přímo z tolerančního výpočtu, kdy tato norma slouží jako vodítko vyrobiteľnosti.

K postupu při stanovování tolerancí: Čísla uvedená ve sloupci 4, tabulky č. 3. Znamenají odkaz na odpovídající skupinu tolerancí v tabulce č. 4.

Například: Pro PA6 máme ve sloupci 4, skupinu tolerancí 140. Následně pro požadovaný rozměr vybíráme toleranci z první části tabulky všeobecných tolerancí pro skupinu 140. Když tedy potřebujeme určit všeobecnou toleranci, například pro rozměr 7 mm, vyhledáme dle výše uvedeného toleranci ± 0.24 respektive ± 0.14 . Rozdíl v těchto hodnotách bude vysvětlen v kapitole 3.2.3.

Tabulka č. 3

Zuordnung der Toleranzgruppen zu den Formmassen

1	2		3	4	5	6
Kurzzeichen für Basismaterial	Formteile hergestellt aus:		Formmassen nach DIN	Toleranzgruppen		
				für Allgmeintoleranzen	für Maße mit direkt eingetragenen Abmaßen Reihe 1 Reihe 2	
EP	Epoxidharz-Formmassen			130	120	110
EVA	Ethylen-Vinylacetat-Copolymer-Formmassen		16 778 Teil 1	140	130	120
PF	Phenoplast-Formmassen	mit anorganischem Füllstoff Typ 11.5, 12, 13, 13.5, 13.9, 15, 16	7708 Teil 2	130	120	110
		mit organischem Füllstoff Typ 30.5, 31, 31.5, 31.9, 32, 51, 51.5, 51.9, 52, 52.9, 71, 74, 75, 83, 84		140	130	120
UF MF	Aminoplast-Formmassen und Aminoplast/Phenoplast-Formmassen	mit organischem Füllstoff Typ 131, 131.5, 150, 152, 152.7, 153, 154, 180, 181, 181.5	7708 Teil 3	140	130	120
		mit anorganischem Füllstoff Typ 155, 156, 158		130	120	110
		mit organischem und anorganischem Füllstoff Typ 157, 182, 183		140	130	120
UP	Polyesterharz-Formmassen Typ 801, 802, 803, 804		16 911	130	120	110
UP	Polyester-Harzmatten Typ 830, 830.5, 831, 831.5, 832, 832.5, 833, 833.5		16 913 Teil 3	140	130	120
	Kaltformmassen Typ 212, 214		7708 Teil 4	140	130	120
ASA	Formmassen auf Basis Acrylnitril-Styrol-Acrylester-Copolymeren			130	120	110
ABS	Formmassen auf Basis Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymeren (gefüllt und ungefüllt)		16 772 Teil 1	130	120	110
CA	Celluloseester-Formmassen		7742 Teil 1	140	130	120
CAB	Celluloseacetobutyrat-Formmassen		7742 Teil 1	140	130	120
CAP	Celluloseacetopropionat-Formmassen			140	130	120
CP	Cellulosepropionat-Formmassen			140	130	120
PA	Polyamid-Formmassen (amorph, ungefüllt, gefüllt)			130	120	110
PA 6	6-Polyamid-Formmassen ¹⁾ (ungefüllt)			140	130	120
PA 66	66-Polyamid-Formmassen ¹⁾ (ungefüllt)			140	130	120
PA 610	610-Polyamid-Formmassen ¹⁾ (ungefüllt)			140	130	120
PA 11	11-Polyamid-Formmassen ¹⁾ (ungefüllt)			140	130	120
PA 12	12-Polyamid-Formmassen ¹⁾ (ungefüllt)			140	130	120
	glasfasergefüllte 6-, 66-, 610-, 11- und 12-Polyamid-Formmassen			130	120	110
PB	Polybuten-Formmassen			160	150	140
PBTP	Polybutylenterephthalat-Formmassen (ungefüllt)			140	130	120
	(gefüllt)			130	120	110
PC	Polycarbonat-Formmassen (ungefüllt, gefüllt)		7744 Teil 1	130	120	110

¹⁾ Bei ungefüllten, teilkristallinen, nichthärtbaren Formmassen (Thermoplasten) gilt bei Wanddicken über 4 mm die nächsthöhere Toleranzgruppe.

Fortsetzung)

1	2	3	4	5	6
Kurzzeichen für Basis-material	Formteile hergestellt aus:	Formmassen nach DIN	Toleranzgruppen		
			für Allgmein-toleranzen	für Maße mit direkt eingetragenen Abmaßen Reihe 1 Reihe 2	
PDAP	Polydiallylphthalat-Formmassen (mit anorganischem Füllstoff)		130	120	110
PE	Polyethylen-Formmassen ¹⁾ (ungefüllt)	16 776 Teil 1	150	140	130
PESU	Polyethersulfon-Formmassen (ungefüllt)		130	120	110
PSU	Polysulfon-Formmassen (gefüllt, ungefüllt)		130	120	110
PETP	Polyethylenterephthalat-Formmassen (amorph)		130	120	110
	Polyethylenterephthalat-Formmassen (kristallin)		140	130	120
	Polyethylenterephthalat-Formmassen (gefüllt)		130	120	110
PMMA	Polymethylmethacrylat-Formmassen	7745 Teil 1	130	120	110
POM	Polyoxymethylen(Polyacetal)-Formmassen ¹⁾ (ungefüllt), Länge der Formteile: < 150 mm		140	130	120
	Polyoxymethylen(Polyacetal)-Formmassen ¹⁾ (ungefüllt), Länge der Formteile: ≥ 150 mm		150	140	130
	Polyoxymethylen(Polyacetal)-Formmassen ¹⁾ (gefüllt)		130	120	110
PP	Polypropylen-Formmassen ¹⁾ (ungefüllt)	16 774 Teil 1	150	140	130
	Polypropylen-Formmassen ¹⁾ (glasfasergefüllt, mit Talkum oder Asbestfaser gefüllt)		140	130	120
PP/EPDM	Mischung aus Polypropylen und Kautschuk (ungefüllt)		140	130	120
PPO	Polyphenylenoxid-Formmassen		130	120	110
PPS	Polyphenylsulfid-Formmassen (gefüllt)		130	120	110
PS	Polystyrol-Formmassen	7741 Teil 1	130	120	110
PVC-U	weichmacherfreie Polyvinylchlorid-Formmassen	7748 Teil 1	130	120	110
PVC-P	weichmacherhaltige Polyvinylchlorid-Formmassen	7749 Teil 1	Z. Z. liegen keine Angaben vor		
SAN	Styrol-Acrylnitril-Formmassen (ungefüllt, gefüllt)	16 775 Teil 1	130	120	110
SB	Styrol-Butadien-Formmassen	16 771 Teil 1	130	120	110
	Mischungen von Polyphenylenoxid und Polystyrol (ungefüllt und gefüllt)		130	120	110
	fluorierte Polyethylen-Polypropylen-Formmassen		150	140	130
	thermoplastisches Polyurethan		150	140	130
	Produkte mit 70 bis 90 Shore A ²⁾		140	130	120
	Produkte mit über 50 Shore D ²⁾				

¹⁾ Siehe Seite 4

²⁾ Härteprüfung nach Shore A und D siehe DIN 53 505

Tabella 2. Allgemeintoleranzen und Toleranzen für Maße mit direkt eingetragenen Abmaßen

Toleranzgruppe aus Tabelle 1	Kennbuchstabe ¹⁾	Nennmaßbereich																					
		über 0	1	3	6	10	15	22	30	40	53	70	90	120	160	200	250	315	400	500	630	800	1000
Allgemeintoleranzen																							
160	A	±0,28	±0,30	±0,33	±0,37	±0,42	±0,49	±0,57	±0,66	±0,78	±0,94	±1,15	±1,40	±1,80	±2,20	±2,70	±3,30	±4,10	±5,10	±6,30	±7,90	±10,00	
	B	±0,18	±0,20	±0,23	±0,27	±0,32	±0,39	±0,47	±0,56	±0,68	±0,84	±1,05	±1,30	±1,70	±2,10	±2,60	±3,20	±4,00	±5,00	±6,20	±7,80	±9,90	
150	A	±0,23	±0,25	±0,27	±0,30	±0,34	±0,38	±0,43	±0,49	±0,57	±0,68	±0,81	±0,97	±1,20	±1,50	±1,80	±2,20	±2,80	±3,40	±4,30	±5,30	±6,60	
	B	±0,13	±0,15	±0,17	±0,20	±0,24	±0,28	±0,33	±0,39	±0,47	±0,58	±0,71	±0,87	±1,10	±1,40	±1,70	±2,10	±2,70	±3,30	±4,20	±5,20	±6,50	
140	A	±0,20	±0,21	±0,22	±0,24	±0,27	±0,30	±0,34	±0,38	±0,43	±0,50	±0,60	±0,70	±0,85	±1,05	±1,25	±1,55	±1,90	±2,30	±2,90	±3,60	±4,50	
	B	±0,10	±0,11	±0,12	±0,14	±0,17	±0,20	±0,24	±0,28	±0,33	±0,40	±0,50	±0,60	±0,75	±0,95	±1,15	±1,45	±1,80	±2,20	±2,80	±3,50	±4,40	
130	A	±0,18	±0,19	±0,20	±0,21	±0,23	±0,25	±0,27	±0,30	±0,34	±0,38	±0,44	±0,51	±0,60	±0,70	±0,90	±1,10	±1,30	±1,60	±2,00	±2,50	±3,00	
	B	±0,08	±0,09	±0,10	±0,11	±0,13	±0,15	±0,17	±0,20	±0,24	±0,28	±0,34	±0,41	±0,50	±0,60	±0,80	±1,00	±1,20	±1,50	±1,90	±2,40	±2,90	
Toleranzen für Maße mit direkt eingetragenen Abmaßen																							
160	A	0,56	0,60	0,66	0,74	0,84	0,98	1,14	1,32	1,56	1,88	2,30	2,80	3,60	4,40	5,40	6,60	8,20	10,20	12,50	15,80	20,00	
	B	0,36	0,40	0,46	0,54	0,64	0,78	0,94	1,12	1,36	1,68	2,10	2,60	3,40	4,20	5,20	6,40	8,00	10,00	12,30	15,60	19,80	
150	A	0,46	0,50	0,54	0,60	0,68	0,76	0,86	0,98	1,14	1,36	1,62	1,94	2,40	3,00	3,60	4,40	5,60	6,80	8,60	10,60	13,20	
	B	0,26	0,30	0,34	0,40	0,48	0,56	0,66	0,78	0,94	1,16	1,42	1,74	2,20	2,80	3,40	4,20	5,40	6,60	8,40	10,40	13,00	
140	A	0,40	0,42	0,44	0,48	0,54	0,60	0,68	0,76	0,86	1,00	1,20	1,40	1,70	2,10	2,50	3,10	3,80	4,60	5,80	7,20	9,00	
	B	0,20	0,22	0,24	0,28	0,34	0,40	0,48	0,56	0,66	0,80	1,00	1,20	1,50	1,90	2,30	2,90	3,60	4,40	5,60	7,00	8,80	
130	A	0,36	0,38	0,40	0,42	0,46	0,50	0,54	0,60	0,68	0,76	0,88	1,02	1,20	1,50	1,80	2,20	2,60	3,20	3,90	4,90	6,00	
	B	0,16	0,18	0,20	0,22	0,26	0,30	0,34	0,40	0,48	0,56	0,68	0,82	1,00	1,30	1,60	2,00	2,40	3,00	3,70	4,70	5,80	
120	A	0,32	0,34	0,36	0,38	0,40	0,42	0,46	0,50	0,54	0,60	0,68	0,78	0,90	1,06	1,24	1,50	1,80	2,20	2,60	3,20	4,00	
	B	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,26	0,30	0,34	0,40	0,48	0,58	0,70	0,86	1,04	1,30	1,60	2,00	2,40	3,00	3,80	
110	A	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32	0,36	0,40	0,44	0,50	0,58	0,68	0,80	0,96	1,16	1,40	1,70	2,10	2,60	
	B	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,26	0,30	0,34	0,40	0,48	0,58	0,70	0,86	1,06	1,30	1,60	2,00	2,50	
Feinwerktechnik	A	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,31	0,35	0,40	0,50									
	B	0,05	0,06	0,07	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,21	0,25	0,30	0,40									

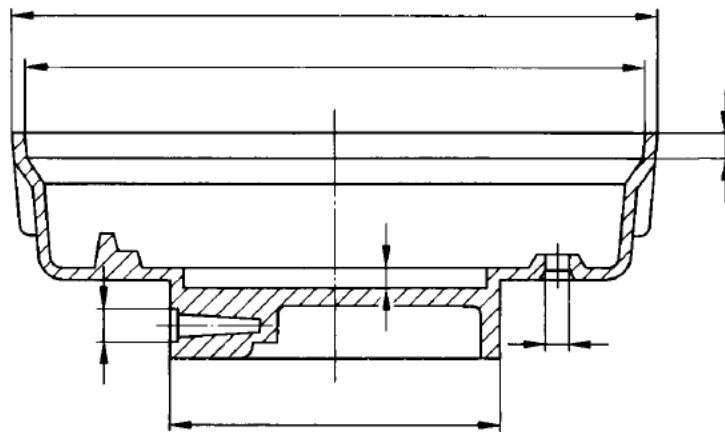
¹⁾ A für nicht werkzegebundene Maße
B für werkzegebundene Maße

3.2.3 Výtah z normy DIN 16 901 - rozměry spojené s nástrojem, rozměry nespojené s nástrojem

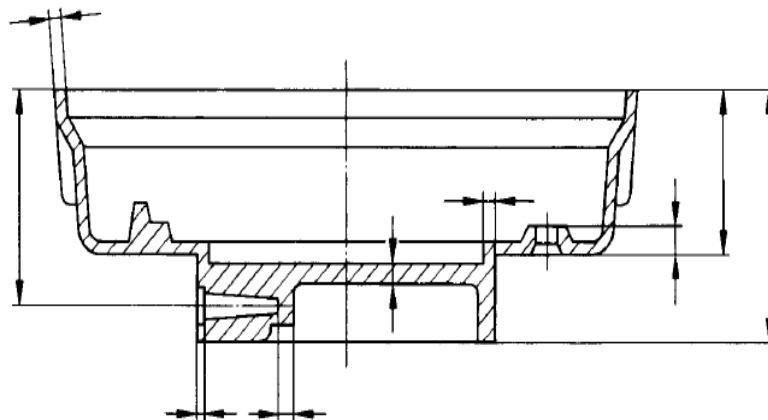
„Rozměry spojené s nástrojem dle tabulky č. 4 jsou takové rozměry, které se nacházejí na stejné části nástroje (obr. č. 1)

Rozměry nespojené s nástrojem dle tabulky 4 jsou takové rozměry, které jsou vytvářeny spolupůsobením pohyblivých částí formy. Může jít například o tloušťku stěny nebo dna, které jsou ovlivňovány působením šoupátka nebo jsou formovány oběma základovými deskami. (obr. č. 2)

Tolerance pro tyto rozměry jsou větší než u rozměrů spojených s nástrojem, neboť pohyblivé části nástroje nemají při uzavírání formy vždy stejnou konečnou polohu.“



Obrázek č. 1



Obrázek č. 2

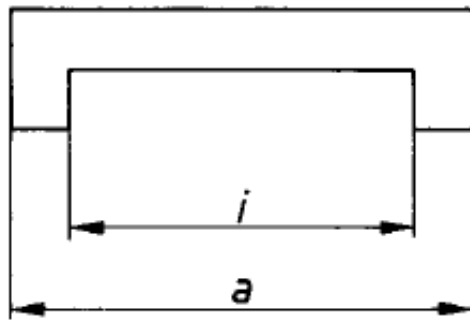
3.2.4 Výťah z normy DIN 16 901 – zúžení tolerancí

„U jednotlivých rozměrů je možno s využitím speciálních opatření dosáhnout i menších tolerancí než jsou tolerance dle tabulky č. 4.

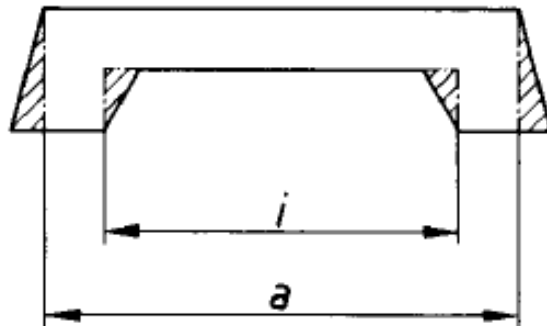
Pro jemnou mechaniku (přesné dílce) platí hodnoty dle posledních dvou řádek v tabulce č. 4.“

3.2.5 Výťah z normy DIN 16 901 – formovací úkos

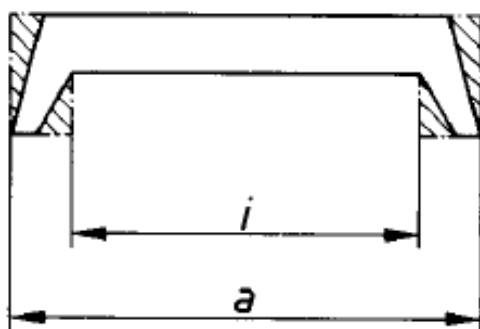
„Vzhledem k tomu, že při formování musí být díl vytažen z formy, je nutné, aby byla dutina formy úkosována. Tento úkos musí být předepsán ve výkresové dokumentaci. Z výkresu musí být patrné, na které straně formovacího úkosu platí jmenovitý rozměr (blíže dle obrázků č. 3, 4, 5).“



Obrázek č. 3: Jmenovitý tvar tvářeného dílu



Obrázek č. 4: Formovací úkos „plus“, více materiálu oproti jmenovitému tvaru



Obrázek č. 5: Formovací úkos „mínus“, méně materiálu oproti jmenovitému tvaru

3.2.6 Výtah z normy DIN 16 901 – podmínky pro přejímku

„Přejímku je možno provádět nejdříve 16 hodin po tváření a v „normálním“ klimatu dle DIN 50 014-23/50-2. Také měření dílu je možno provádět nejdříve po 16 hodinách, nejlépe však po 24 hodinách.

Následné případné zpracování (kondicionování nebo tepelné zpracování) musí být sjednáno mezi odběratelem a dodavatelem.“

3.3 Stanovování tolerancí u plastových výrobků – obecný princip

Základem pro stanovení tolerancí je však toleranční výpočet, který řeší závislosti jednotlivých dílů v sestavě. Je nutné si však uvědomit, že tolerance by měla být stanovena na základě vyrobiteľnosti. To znamená předepisovat takové tolerance, které je možné technologicky a procesně zvládnout.

4. KONSTRUKCE DÍLŮ Z PLASTU

V průběhu návrhu součásti bereme v úvahu čtyři základní podmínky na budoucí výrobek a to:

- **Funkčnost** – výrobek musí splňovat všechny funkce, které požadujeme. Funkčnost součásti musí být zajištěna po celou dobu životnosti plastového dílu (přibližně 5 let, podle druhu výrobku), neboť porušené plastové díly lze obtížně anebo nelze vůbec opravit.
- **Technologičnost** – tímto pojmem nazýváme zásady dodržení co nejrychlejšího a nejplynulejšího naplnění dutiny formy taveninou, při kterém dochází k prudkým změnám tlaku a teploty. Je nutné vyvarovat se ostrých hran, přechodů, velkých změn průřezů, apod., aby nedocházelo k vnitřnímu pnutí, smrštění, víření proudu taveniny, atd.
- **Estetičnost (design)** – řešení tvaru má být v souladu s funkcí výrobku, s prostředím, kde bude používán, s materiálem a technologií. Pro estetické řešení lze s úspěchem využít výhod tvářecích technologií a navrhovat oblé a nepravidelné tvary, ale i dojem lehkosti a ladnosti.
- **Ekonomičnost** – řešení v závislosti na složitosti tvaru součásti a tím i na ceně formy, stroje a potažmo tedy i velikosti série.

4.1 Konstrukce a dimenzování – oblast výlisku

4.1.1 Tloušťka stěny

Tloušťka stěny výlisku má být pokud možno minimální, aby se zamezilo možnosti vzniku povrchových propadlin a vnitřních staženin (lunkrů). Optimální tloušťkou stěny dosáhneme zmenšení časového rozdílu mezi chladnutím povrchu a jádrem stěny. Zároveň tak snížíme spotřebu materiálu a zkrátíme dobu chlazení ve formě. Minimální přípustná tloušťka stěny je určena požadovanou tuhostí, pevností a rozměrností výlisku.

Konstruktor by se měl při návrhu výrobku také řídit základním pravidlem – „jednotná tloušťka stěny“. Obvyklá tloušťka stěny se pohybuje v rozmezí 0,5 – 6 mm, dle druhu plastu. Při různých tloušťkách stěn výlisku by

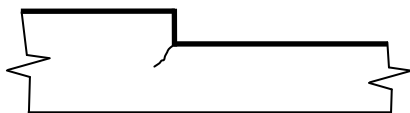
přechod neměl překročit 50% tloušťky stěny a měl by být pozvolný nebo zaoblený, aby nevznikaly ostré kouty s vrubovým účinkem. Malé a střední výlisky mají tloušťku stěny obvykle 1-3 mm a velké 3-6 mm. Na základě praxe se nedoporučují stěny pod 0,5 mm a nad 8 mm. Tlusté stěny zpomalují vstřikovací cyklus, protože zpomalují chlazení a navíc dochází k propadání, staženinám či dokonce bublinám uvnitř výlisku.

Rovnoměrnost tloušťky stěny je podmínkou pro stejnou a rovnoměrnou rychlost proudu taveniny ve formě, stejnou rychlost chlazení ve všech místech výstříku, stejné smrštění a minimální vnitřní pnutí.

U výlisků s různou tloušťkou stěny vzniká víření taveniny, nerovnoměrná orientace makromolekul a větší vnitřní pnutí. Následkem tohoto takový výlisek vykazuje větší smrštění a další pnutí vzniká v místě styku s další stěnou. Následkem tohoto jsou deformace nebo dokonce praskání výrobku ihned po vystříknutí, jindy třeba až po týdnech.

Obrázek č. 6: Přechody v tloušťce stěny [1]

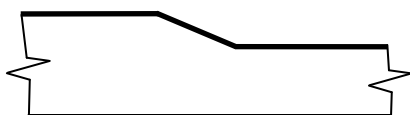
a) špatné řešení



b) lepší řešení



c) dobré řešení



4.1.2 Zaoblení

Oblé tvary jsou výhodné z hlediska snazšího proudění taveniny a v dnešní době se většina výrobků konstruuje jako oblé nepravidelné tvary bez

ostrých hran. Čím větší je rádius zaoblení, tím menší jsou odpory proti průtoku materiálu a tím menší je koncentrace napětí v místě ohybu.

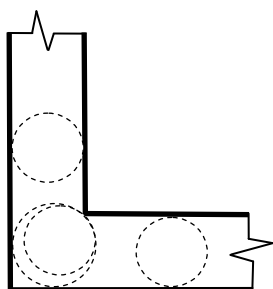
Stěna musí být v průběhu zakřivení stejně tlustá. Totéž platí při spojování dvou stěn. Zaoblení zlepšuje nejenom jakost, ale i pevnost a odolnost proti nárazům, snižuje odolnost proti praskání, vnitřní pnutí a v neposlední řadě se tím usnadňuje výroba forem.

Ostré hrany se snadno vyštipují a působí jako vruby. Vnější rádius zaoblení stěny bývá o tloušťku stěny větší, než rádius vnitřní, takže stěna je v celém průběhu zakřivení stejně tlustá.

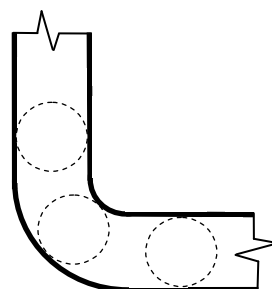
Zaoblení má být provedeno na vnitřní i vnější straně a poloměr zaoblení má být $\frac{1}{4}$ až $\frac{3}{4}$ tloušťky stěny v daném místě. Další zvětšování poloměru již nemá výrazný vliv na jakost výrobku.

Obrázek č. 7: Zaoblení hran a rohů [1]

a) chybné



b) správné



Zpracováno dle podkladů z [1].

4.1.3 Úkosity

Pro snazší vyjímání dílu z formy mají mít stěny výlisku úkosity, rovnoběžné se směrem otevírání formy. Minimální doporučené úkosity na výlisku jsou $0,5 - 1^\circ$. Úkosity se také liší podle toho, zda bude mít výrobek povrchový dezén nebo nikoliv. Pro výrobky bez dezénu platí výše uvedené hodnoty, pro výrobky s povrchovým dezénem platí, že na každý 1° výrobního úkosu může být hloubka dezénu max. 0,02 mm.

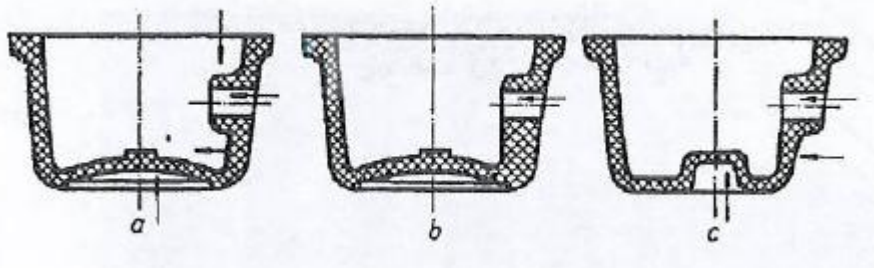
Technologické úkosity se dělají jak u hlavních ploch, tak i na jednotlivých částech výrobku, tedy u otvorů, žeber, apod.

Zpracováno dle podkladů z [1].

4.1.4 Podkosity

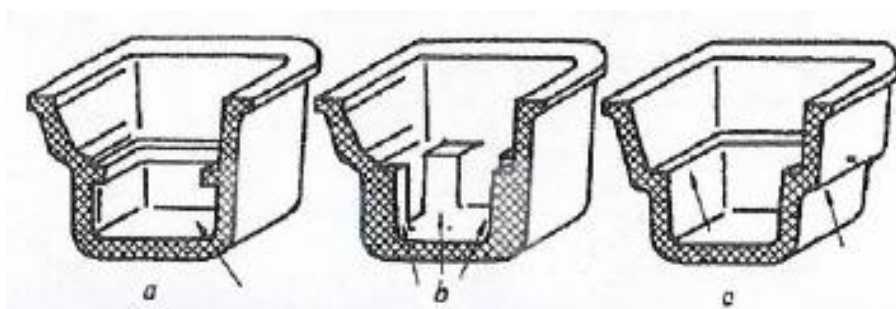
Podkosity jsou opakem úkosů, neboť mají opačný sklon, brání vyjímání výrobků z formy, jsou to tedy tvarové části, které jsou kolmé nebo šikmé ke směru vyjímání výrobku.

Podkosity prodražují formu, neboť je nutné volit komplikovanější konstrukci nástroje.



Obrázek č. 8: Možná úprava výlisku s „podkosem“ [1]

- a) chybně - nálitok tvoří podkosy
- b) lépe - nálitok protažen do dna
- c) správně – úprava konstrukce



Obrázek č. 9: Možná úprava výlisku s bočním nálitkem [1]

- a) chybně - nálitok tvoří podkos
- b) lépe - nálitok protažen do dna (změna dosedací plochy)
- c) správně – úprava konstrukce

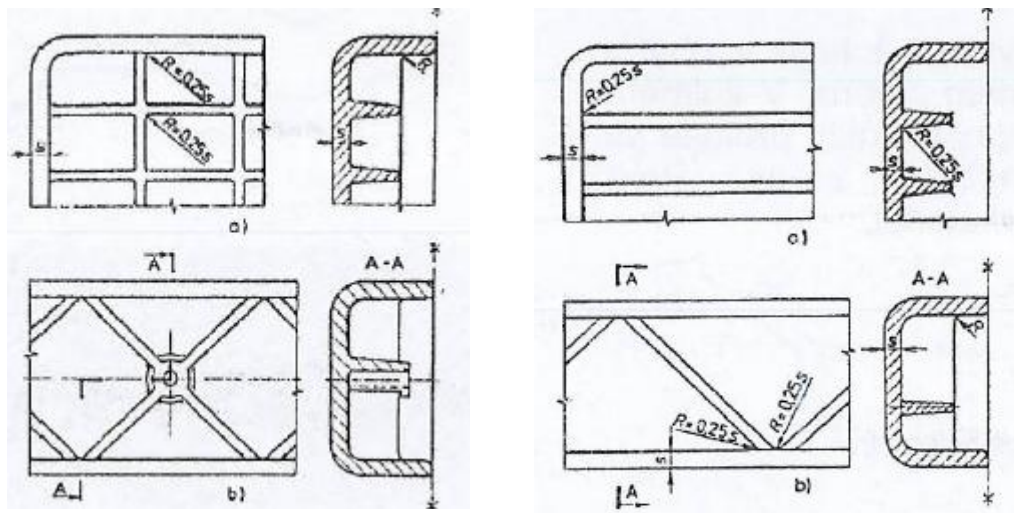
Zpracováno dle podkladů z [1].

4.1.5 Žebra

Žebra se velmi často používají k vyztužení výlisků a umožňují tak použít menší tloušťku nosných stěn. Dalším důvodem pro použití žeber je odstranění nežádoucích deformací při a po chladnutí výlisku. Profil žebra musí mít určitý vztah k tloušťce stěny. Při nedodržení zásad konstrukce žeber může dojít k tvorbě lunek, rozměrovým změnám a na zadní stěně proti žebrovi se obvykle objeví mělká rýha, vzniklá následkem nahromadění materiálu v místě připojení žebra ke stěně. Tomuto vzhledovému porušení zadní stěny lze předejít např. úmyslným vytvořením drážky.

Podle toho, k čemu žebra slouží, můžeme je rozdělit na *technická* – vyztužují a zvyšují pevnost, *technologická* – snižují deformace, borcení stěn vlivem vnitřního pnutí a zakrývají povrchové vady a *ozdobná* – zlepšují vzhled ploch. Žebra mají mít dostatečné úkosy a všechny hrany musí být zaobleny.

Výška a profil křížujících se žeber mají být z důvodu vnitřního pnutí vždy stejné. Je nutno dbát na to, aby v místě křížování žeber a také v místě připojování žeber ke stěnám nenastalo hromadění materiálu.



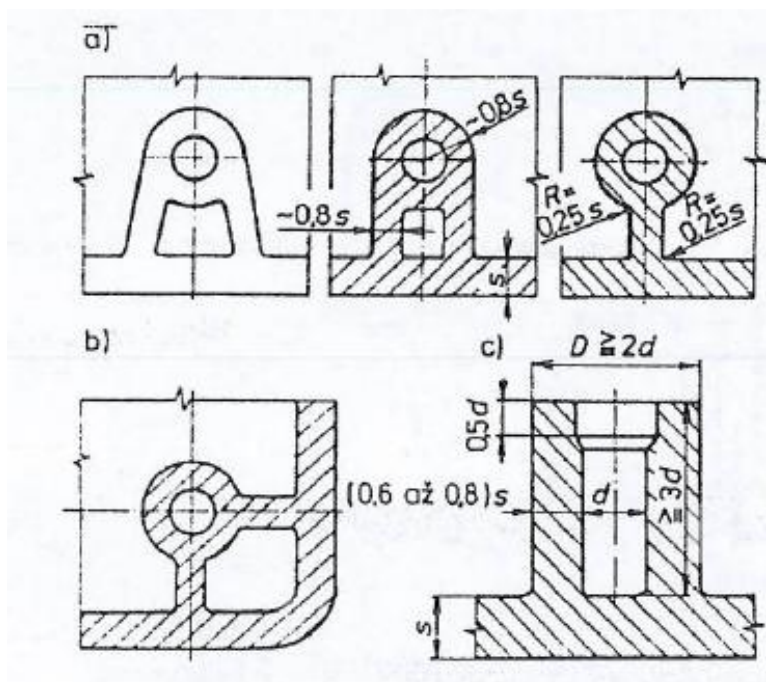
Obrázek č. 10: Různé způsoby žebrování [1]



Obrázek č. 11: Ukázka žebrování na výrobku (fa. SKD Bojkovice, fa. RB České Budějovice) [8]

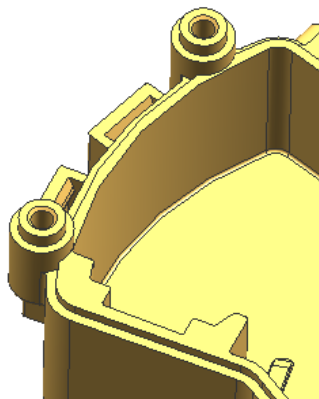
4.1.6 Upevňovací výstupky

Upevňovací výstupky pro průchozí nebo závrtné šrouby, nýty, kolíky, čepy mají být provedeny tak, aby nevznikalo nebezpečí nahromadění materiálu a nevznikalo tedy nebezpečí vzniku lunkrů a potažmo tedy ulomení upevňovacího výstupku. K vyztužení výstupku by se měla použít žebra. Tloušťka žebra by měla být 0,8 mm tloušťky stěny. Veškeré přechody stěn musí být zaoblené. Upevňovací stěny a jejich napojení na samotný výrobek musí být řešeno tak, aby při dotahování nepraskaly.



- a) u stěny
- b) v rohu
- c) pro šrouby

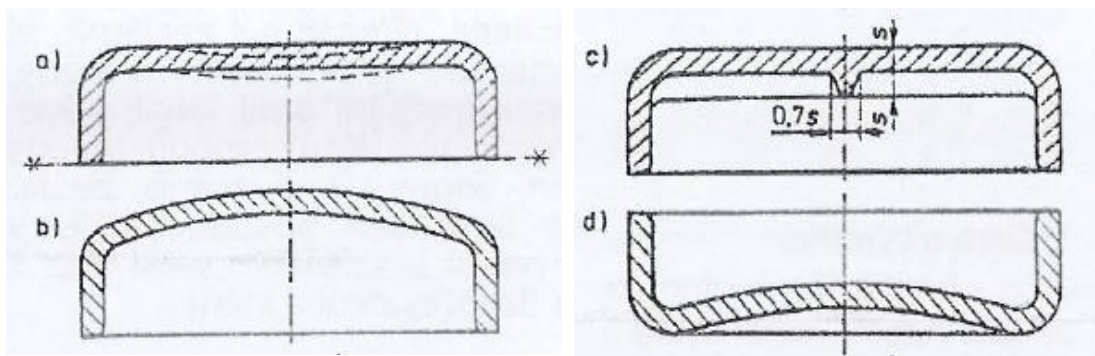
Obrázek č 11: Upevňovací výstupky [1]



Obrázek č. 12: Ukázka upevňovacích výstupků (výřez z CAD – fa. RBCB)

4.1.7 Rovinné plochy

U velkých rovných stěn dochází vlivem nerovnoměrného smršťování k deformacím. Řešením je vyžebrování této oblasti nebo úmyslné vyklenutí plochy oproti deformaci .



Obrázek č. 13: Úprava rovinného dna proti deformacím [1]

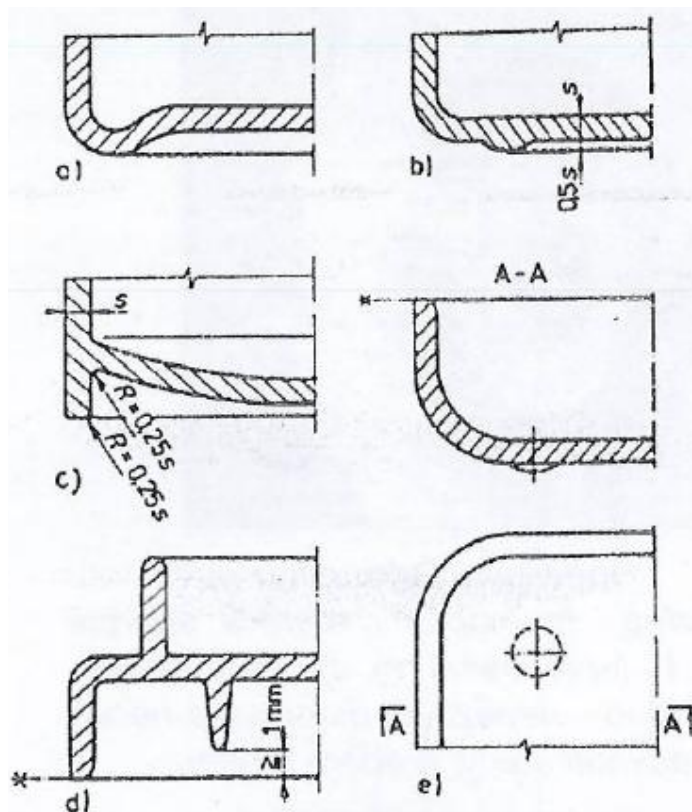
- a) dno bez úprav s naznačenou deformací
- b) vypouklé
- c) dno vyztužené křížovými žebry
- d) vyduté dno

Zpracováno dle podkladů z [1].

4.1.8 Dosedací plochy

Konstrukce a uspořádání dosedacích ploch by mělo být řešeno tak, aby i při deformaci výrobku byla zajištěna jeho stabilita. Přidaná žebra zároveň plní i funkci vyztužení. Dosedací plochy by měly být malé a mělo by jich být co nejméně (dosednutí na tři body) a jejich uspořádání takové, aby i při deformaci výrobku zajišťovaly přesnost a stabilitu dosednutí.

Je důležité zamezit dosednutí výrobku na celou plochu, která nebude vlivem smrštění a následnému zkroucení, nikdy dokonale rovná. Výrobek se vlivem tohoto může kolébat a může dojít k jeho poškození nebo posunutí funkčních ploch.



Obrázek č. 14: Dosedací plochy [1]

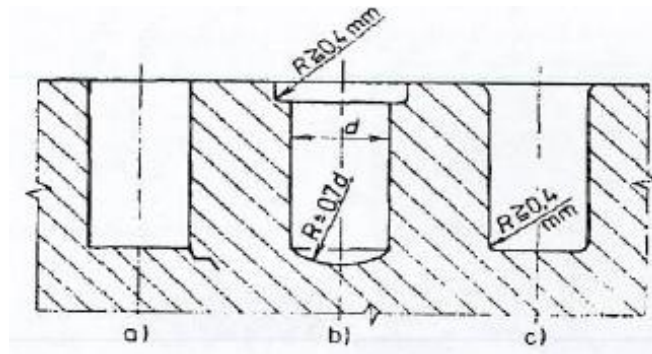
- a) prohloubení okraje (usazování nečistot)
- b) kruhové zesílení dna
- c) prodloužení obvodové stěny
- d) prstencová stěna
- e) dosedací čičky

Zpracováno dle podkladů z [1].

4.1.9 Otvory

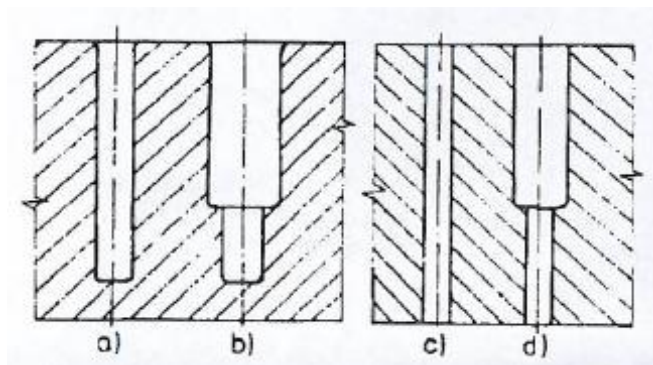
Otvory jsou tvořeny částí formy, která se nazývá jádro. Dle rozdělení mohou být průchozí nebo slepé. Při tuhnutí se materiál smršťuje na jádro a proto by mělo být konstruováno s úkosem 1° . Úkos samozřejmě volíme vzhledem ke konstrukci dílu, proto může být v určitých případech volen i menší. Někdy je nutné určitou část otvoru, vzhledem ke konstrukci konstruovat i bez úkosu.

Obecně však platí, že otvory mají být co největší a co nejkratší, aby nedošlo k porušení tvarové části formy. Je-li otvor neprůchozí, je nutné mít na paměti, že tenké dno se při smršťování také deformuje.



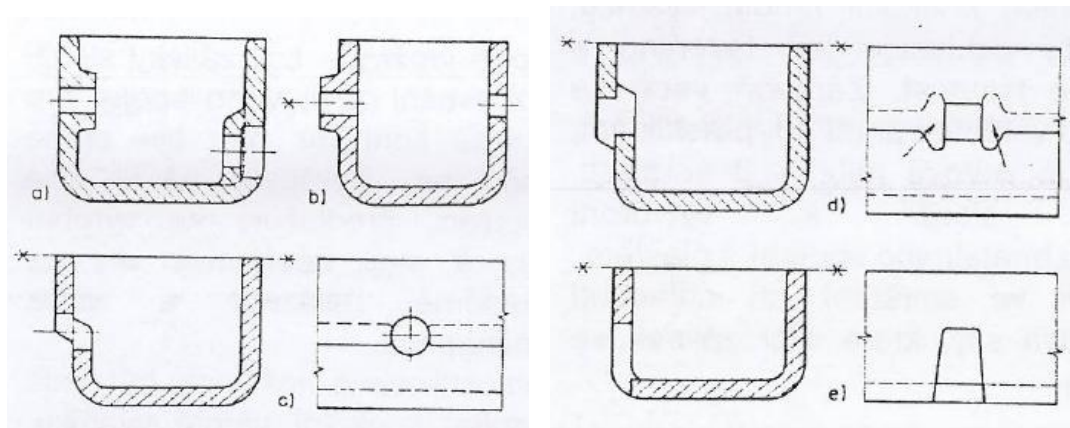
Obrázek č. 15: Neprůchozí otvory [1]

- a) chybné řešení - ostrá vnější i vnitřní hrana, nebezpečí vzniku trhlin
- b) správné řešení
- c) správné řešení



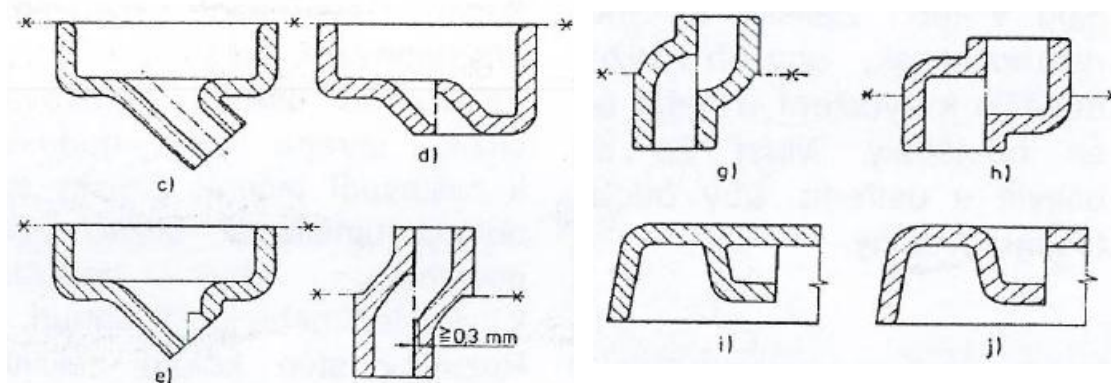
Obrázek č. 16: Otvory – příklad aplikace [1]

- a) neprůchozí otvor
- b) neprůchozí otvor s rozšířeným průměrem v nefunkční části
- c) průchozí otvor
- d) průchozí otvor s rozšířeným průměrem v nefunkční části



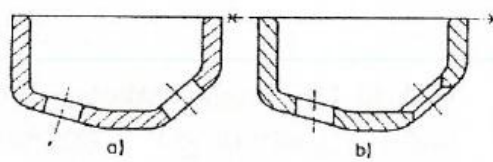
Obrázek č. 17: Boční otvory – příklad aplikace [1]

- a) s vnitřním výstupkem – vlevo chybně, vpravo správně
- b) s vnějším výstupkem a bez výstupku (formování bočními jádry)
- c) kruhový otvor (formováno bez bočních jader)
- d) čtvercový otvor (formováno bez bočních jader)
- e) otvor bez bočního jádra



Obrázek č. 18: Šikmé a lomené otvory [1]

- a) s použitím šikmých jader
- b) bez šikmých jader
- c) se šikmým jádrem
- d) bez šikmých jader
- e) bez šikmého jádra
- f) lomené otvory bez šikmého jádra
- g) lomené otvory bez šikmého jádra
- h) lomené otvory bez šikmého jádra
- i) vnitřní zalomený otvor (neproveditelné)
- j) vnitřní shora otevřený zalomený otvor



Zpracováno dle podkladů z [1].

4.1.10 Zálisky, zástříky

Kovové vložky (zálisky) slouží pro zpevnění závitového spoje. Řešeny jsou takto i elektrické kontakty, kovová stínění apod. Celek pak tvoří nerozebíratelné spojení.

Je třeba si uvědomit, že zálisky mají vliv na rovnoměrné chlazení, vznik vnitřního pnutí, výrobní cyklus a v neposlední řadě i na manipulaci.



Obrázek č. 19: Zástříky (Sensor cover - fa. RB České Budějovice) [5]

4.2 Konstrukce a dimenzování – spoje

4.2.1 Šroubové spoje

Tato skupina zahrnuje rozsáhlý sortiment šroubů, matic, nýtů, závitových tyčí a to jak v plastovém provedení tak samozřejmě v provedení kovovém. Na všechny tyto prvky jsou kladeny pevnostní požadavky jak při statickém, tak dynamickém namáhání. Všechny tyto prvky jsou ošetřeny normami, které je možné při konstrukci využít.

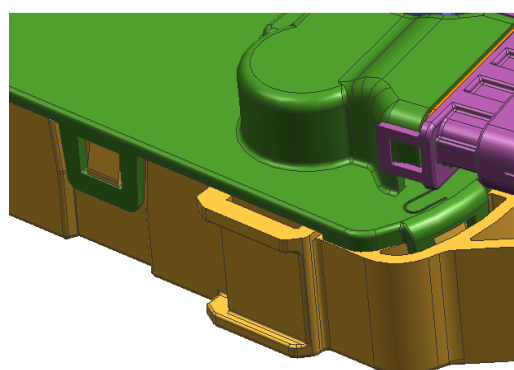
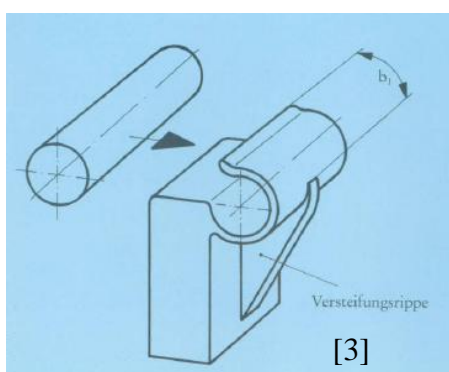
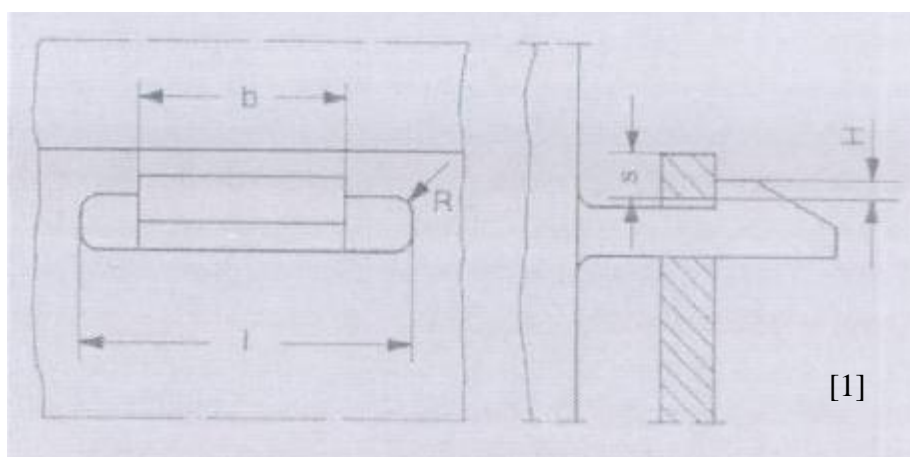
4.2.2 Západkové spoje

Západkový spoj je integrován přímo do konstrukce dílu, a proto eliminuje použití dodatečných spojovacích materiálů, například kovových šroubů. V důsledku to znamená úsporu nákladů a to jak s ohledem na další díl, tedy skladovou položku, tak i případný montážní čas. Operace spojování plastů pomocí pružných elementů je jednoduchá, vyžadující obvykle pouze přímé

zasunutí. Tyto spoje mohou být navrhovány i jako rozebíratelné a umožňují tedy opravy výrobků.

Základním principem pružného spoje je krátkodobá deformace pružného členu, po níž se deformovaná část vrátí do původního „tvaru“, bez plastických efektů. V případech jednorázových spojení mohou tyto deformace nabývat velkých hodnot. Pokud požadujeme častou demontáž, volí se deformace přiměřeně nižší.

Nevýhodou pružného spojení je náročnost na „konstrukční“ a výrobní přesnost a následná náchylnost na možné poškození při montáži nebo manipulaci s dílem, neboť poškozením pružného spoje dojde ke znehodnocení celého dílce.

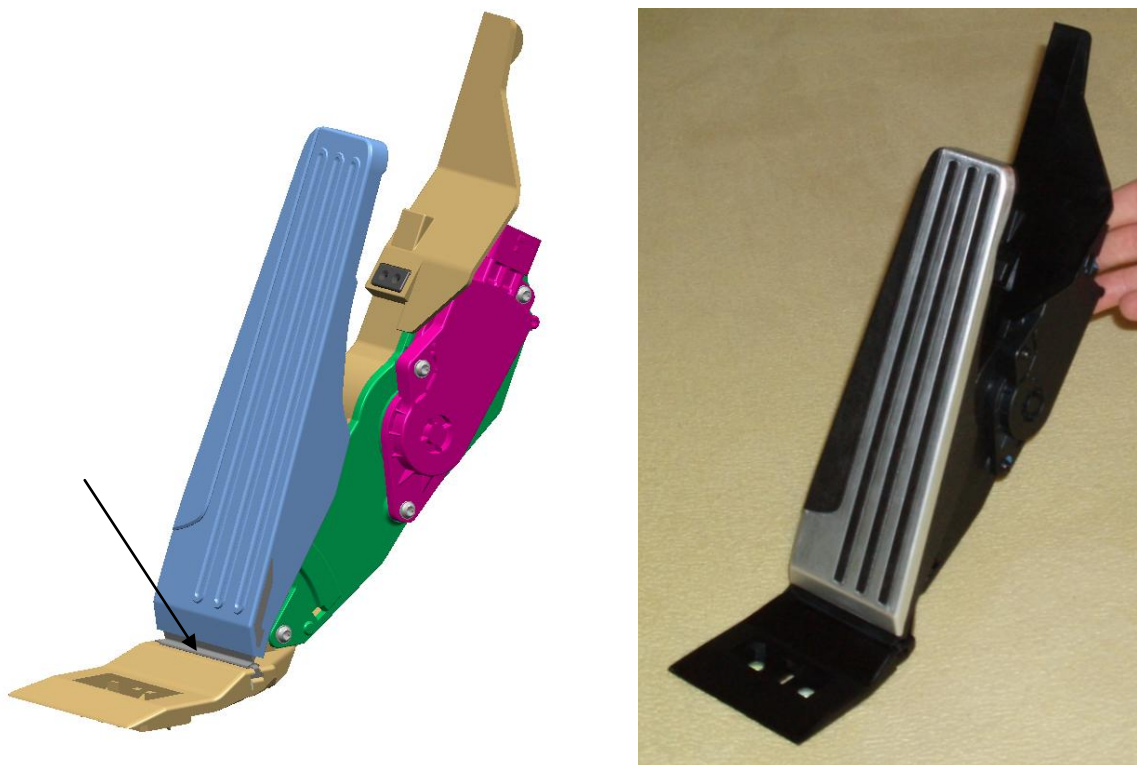


Obrázek č. 20: Pružné spoje ([1], [3], výřez z CAD – RB České Budějovice)

4.2.3 Spoje ohybem

Takovéto spojení lze s úspěchem využít u výrobků, které je nutné například po montáži zavřít. Celý díl je formován v jednom nástroji a je zde tedy značná finanční úspora. Tohoto systému se využívá jak pro rozebíratelné, tak i nerozebíratelné spoje.

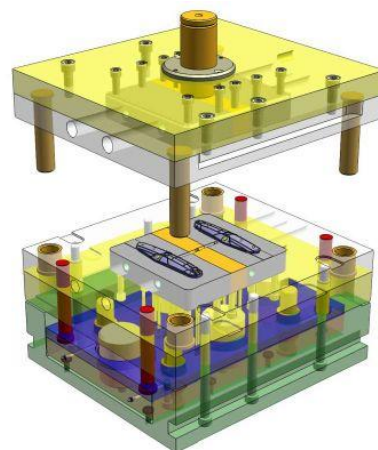
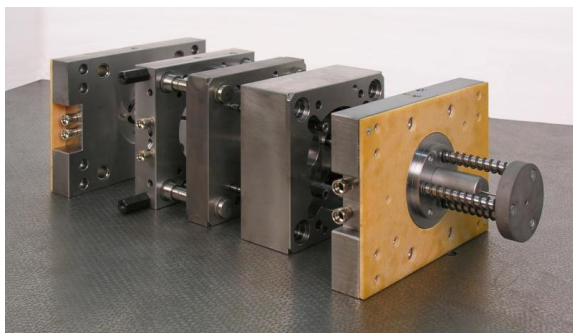
Další možností užití takovéto konstrukce je například pohyblivý závěs dvou různých dílů které vůči sobě konají v sestavě nějaký relativní pohyb, avšak musí tvořit relativně pevný funkční celek.



Obrázek č. 21: Pohyblivý závěs (viz. šipka) – praktické použití – APM Nissan (výrobce: Robert Bosch České Budějovice)

5. KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

V této kapitole budou krátce rozebrány obecné činnosti, které jsou důležité pro to, aby navržený plastový výrobek, který máme na „monitoru“, dostal fyzickou podobu.



Obrázek č. 22: Vstřikovací formy [6]

5.1 Popis, použití a konstrukce formy

Konstrukce formy vychází z počtu potřebných kusů a fáze vývoje, ve které se daný produkt nachází. Obecně bychom mohli rozdělit formy na zkušební a sériové. Zkušební formy používáme při ukončení nebo v průběhu základního vývoje, abychom mohli vyrobit malou sérii dílů, nutnou pro provedení zkoušek, za účelem ověření správnosti konstrukce.

5.1.1 Zkušební formy

Zkušební nástroje jsou koncipovány s ohledem na rychlost výroby a relativně malou produkci dílů. Výroba zkušební formy je plánována, dle složitosti dílu, a materiálu nástroje v rozmezí šesti až deseti týdnů na první výpadové kusy. Tyto nástroje se obvykle koncipují jako „formovací vložky“, které jsou následně upevněny do univerzálního chlazeného rámu. Materiál vložek je volen dle předpokládané velikosti produkce, přesnosti a kvality dílů.

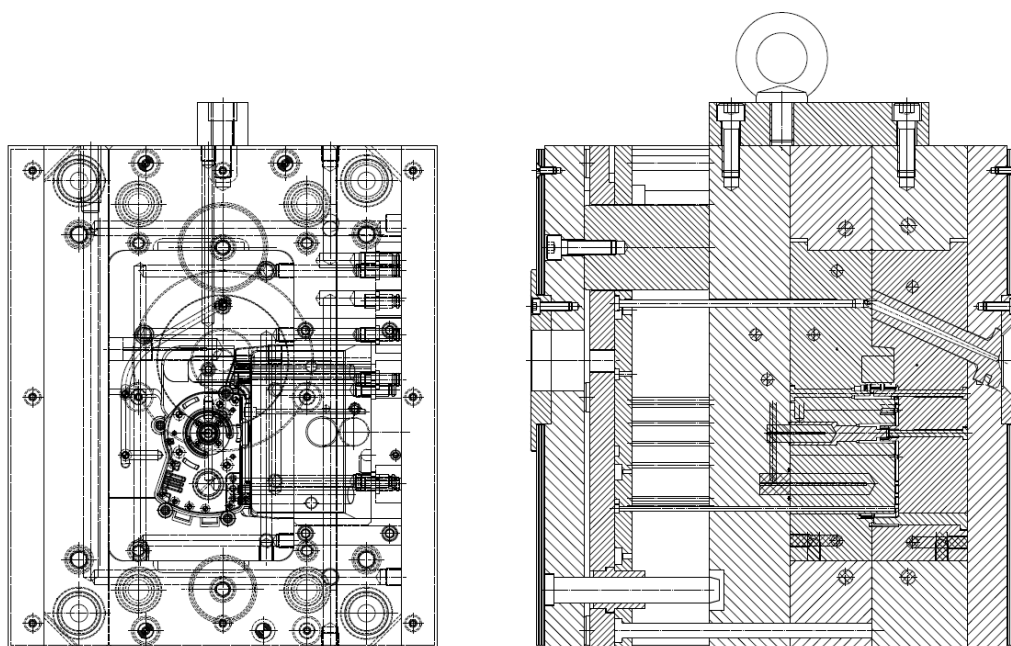
V případě menšího počtu kusů a „relativně“ nižší požadované kvalitě při menší časové náročnosti výroby nástroje a hlavně nižší ceně, je volen materiál hliník. V případě, že bychom se parametry na lisu a zejména kvalitou

dílů chtěli přiblížit sériovému nástroji, volíme nekalenou nástrojovou ocel. Je však třeba připomenout, že cena ocelového nástroje je oproti nástroji z hliníku téměř na dvojnásobku ceny. Co se týče množství dílů, je hliníkový nástroj použitelný do max. 1000 vyrobených kusů. U ocelového nástroje je hranice použitelnosti 5000 ks, avšak po úpravách můžeme tuto hranici i výrazně zvýšit.

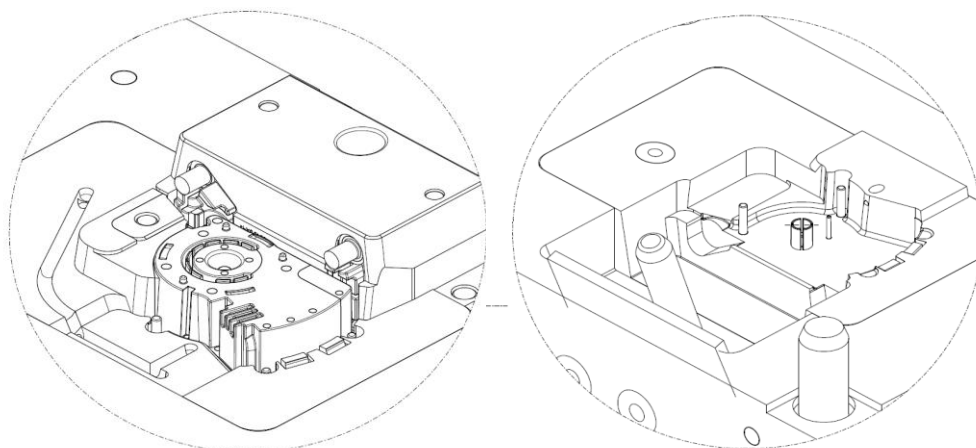
Zkušební nástroje jsou ve většině případů ručně rozebíratelné, po vyjmutí dílu jsou vložky opět ručně složeny, založeny do formy a cyklus se opakuje.

Z výše uvedeného vyplývá, že při výrobě dílu není možné přesně dodržet vstřikovací podmínky a kvalita dílu samotného, tedy není stoprocentní. Pokud bychom i ve zkušební fázi požadovali kvalitu dílu, přibližující se sériovému stavu, měli bychom volit takovou konstrukci nástroje, aby bylo možné držet vstřikovací parametry tak, jak předepisuje materiálový list.

Na obrázku č. 23 je vidět zkušební nástroj, který se velmi přibližuje nástroji sériovému, materiál ocel, plně prochlazené vložky a automatické vyhazování dílu, bez nutnosti jakéhokoliv „ručního“ zásahu zvenčí. Vstřikovací cyklus se potom pohybuje kolem 50 s, zatímco vstřikovací časy u ručně rozebíratelných vložek jsou řádově v minutách. Obrázek č. 24 přibližuje formovací dutinu formy z obrázku č. 23.



Obrázek č. 23: Jednonásobná zkušební ocelová vstřikovací forma, konstrukčně koncipovaná jako sériová. Tedy s automatickým vyhazováním a prochlazená.

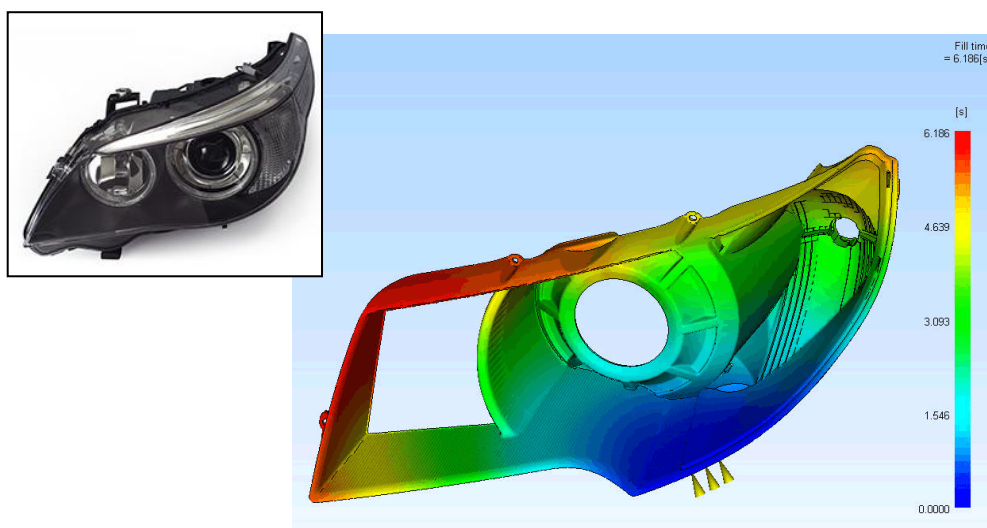


Obrázek č. 24: Formovací dutina nástroje

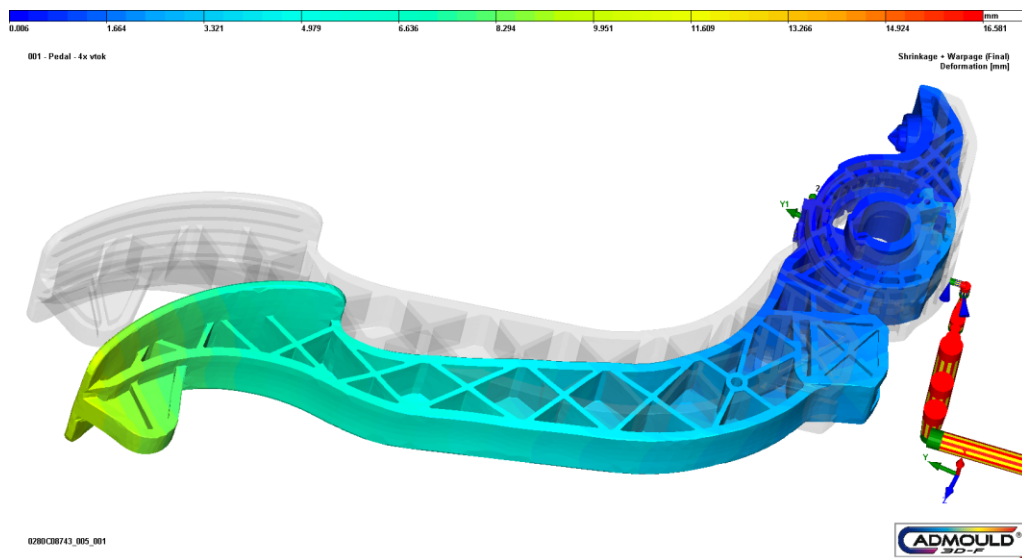
5.1.2 Sériové formy

Koncepce sériových nástrojů se plně podřizuje rychlosti cyklu, tedy dodržení parametrů a kvalitě lisovaného dílu. Tyto nástroje jsou plně automatické, s dostatečným chlazením a díly jsou produkovány jasně definovaným procesem bez vnějšího zásahu.

Samotná konstrukce formy vychází z analýzy Moldflow, která by měla poskytnout představu o průběhu tečení materiálu v dutině, v závislosti na zvoleném místě vtoku a také ukázat předpokládané smrštění dílu dle požadovaných zadaných parametrů. Na obrázku č. 25, a č. 26 je ukázka možných výstupů simulace Moldflow.

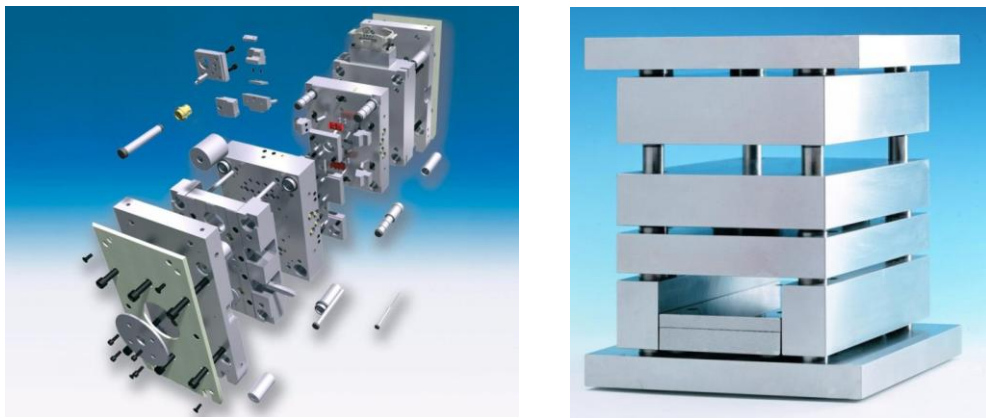


Obrázek č. 25: Ukázka výstupu ze simulace tečení – Moldflow (fa. Hella [7])



Obrázek č. 26: Ukázka výstupu ze simulace tečení – Moldflow – deformace

Při konstrukci a návrhu sériové formy se v širokém měřítku uplatňují normalizované díly (normálie), a to jednak samotné jednotlivé části, jako jsou desky, vyhazovače, vodící sloupky, tak i celé systémy. Na obrázku č. 27 jsou ukázky normálií od firmy Hasco.



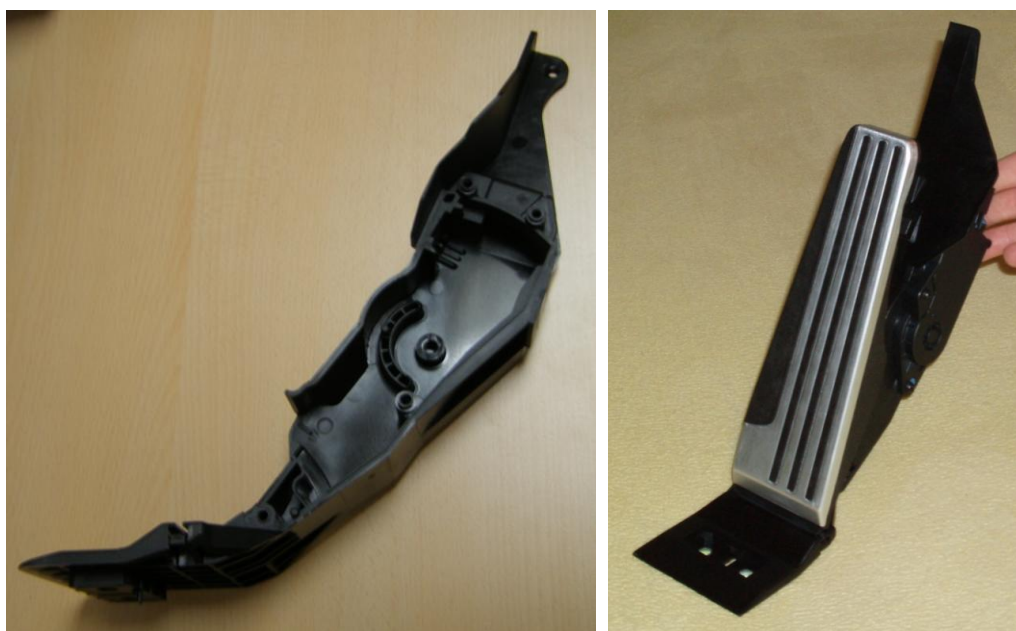
Obrázek č. 27: Ukázka normalizovaného systému pro výrobu vstřik. forem [9]

Čas výroby sériové formy se dle její složitosti pohybuje na hranici 16-18 týdnů pro první výpadové kusy (týká se dílů pro výrobky APM - Accelerator pedal module). Po vyhodnocení prvních výpadových kusů následují korekce, o kterých je krátká zmínka v kapitole 5.1.3. Na obrázku č. 28 je pohled na část tvarové desky sériové formy se všemi tvary, vložkami, pojezdy,

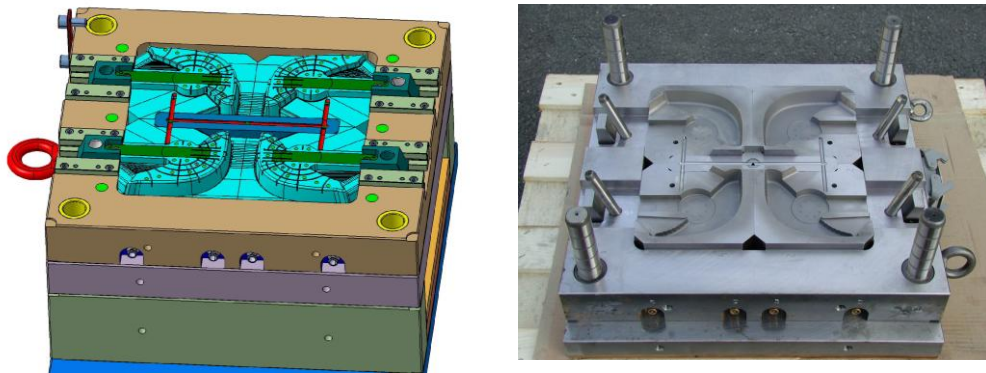
ze kterého je tedy možné udělat si obrázek, jak složité mohou být procesy vedoucí k jejímu uvolnění pro sériovou produkci. Obrázek č. 29 potom ukazuje díl, který tato forma „produkuje“ a konečný produkt, do kterého tento díl vstupuje.



Obrázek č. 28: Tvarová deska sériové vstříkovací formy



Obrázek č. 29: Plastový výlisek a pohled na celou sestavu APM Nissan



Obrázek č. 30: CAD model formy a pohled na reálný nástroj
(konstrukce fa. Kasko s.r.o.) [10]

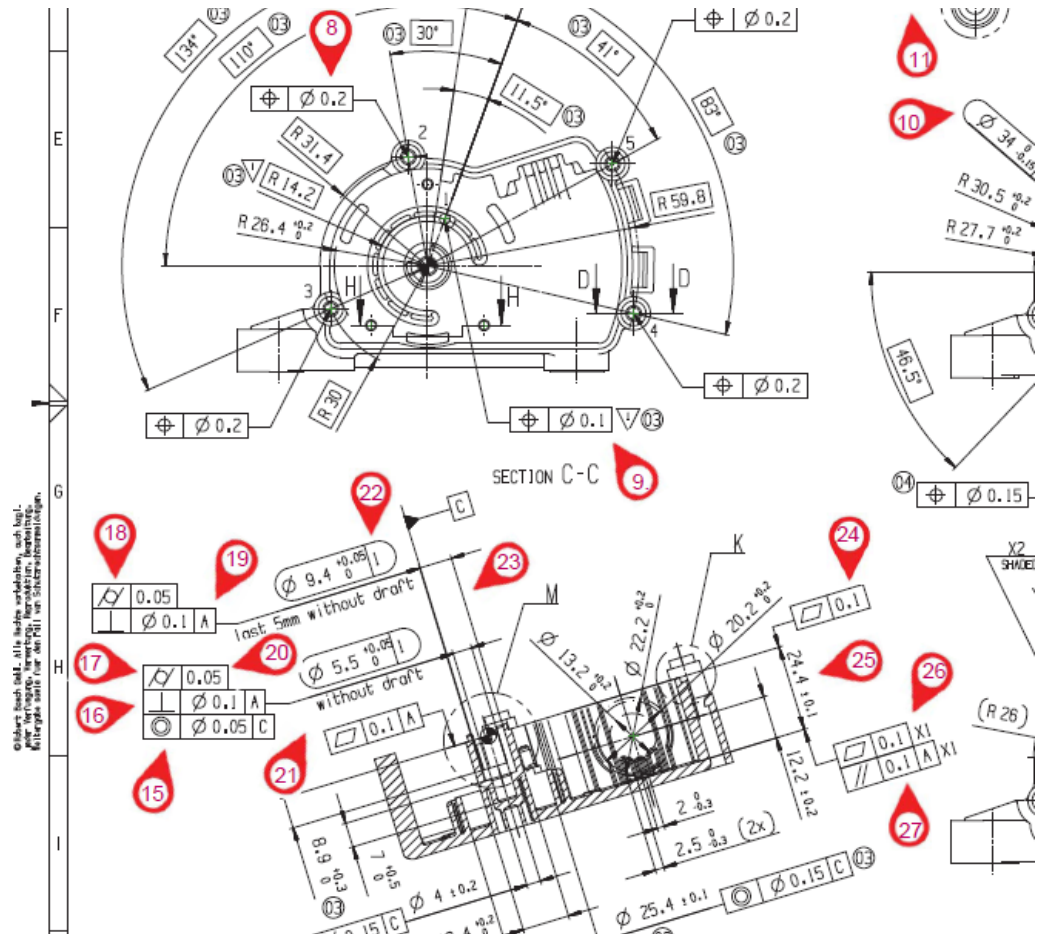
5.1.3 Korekce forem

V odstavci 5.1.1 a 5.1.2 bylo obecně popsáno rozdělení vstřikovacích forem a nastíněny potřebné procesy, které předchází jejich konstrukci a výrobě. Následně bude stručně nastíněn proces uvedení nástroje do sériového procesu.

Po dokončení výroby formy je tato nasazena na lis a provedeno zkušební lisování. Díly by měly být 24 hodin stabilizovány a následně dle „označeného“ výkresu proměřeny (ukázka viz obr. č 31). Na základě toho-to měření je vydán měrový protokol, kde je uvedena každá kóta z výkresu. Následně je odpovědným pracovníkem, ve většině případů je to konstruktér dílu, provedeno vyhodnocení tohoto protokolu a stanoveny korekce, tedy rozměry, které nejsou v toleranci a je tedy potřeba vhodným způsobem provést úpravu (korekci) nástroje. Na obrázku č. 32 je ukázka vyhodnoceného měrového protokolu.

Takováto oprava nástroje je prováděna několikrát a to do té doby, než je měřený díl kompletně dle výkresové dokumentace. Následně je nástroj uvolněn do výroby a to i po technologické stránce.

V praxi to znamená, že parametry lisování nastavené na vstřikovacím stroji, které byly používány pro uvolnění, budou používány po celou dobu produkce tohoto dílu. Toto vše, včetně kontrolních náměrů dílů, je v průběhu výroby kontrolováno, dokládáno protokoly a archivováno pro případnou zpětnou dohledatelnost při jakémkoliv výskytu vady na výrobku.



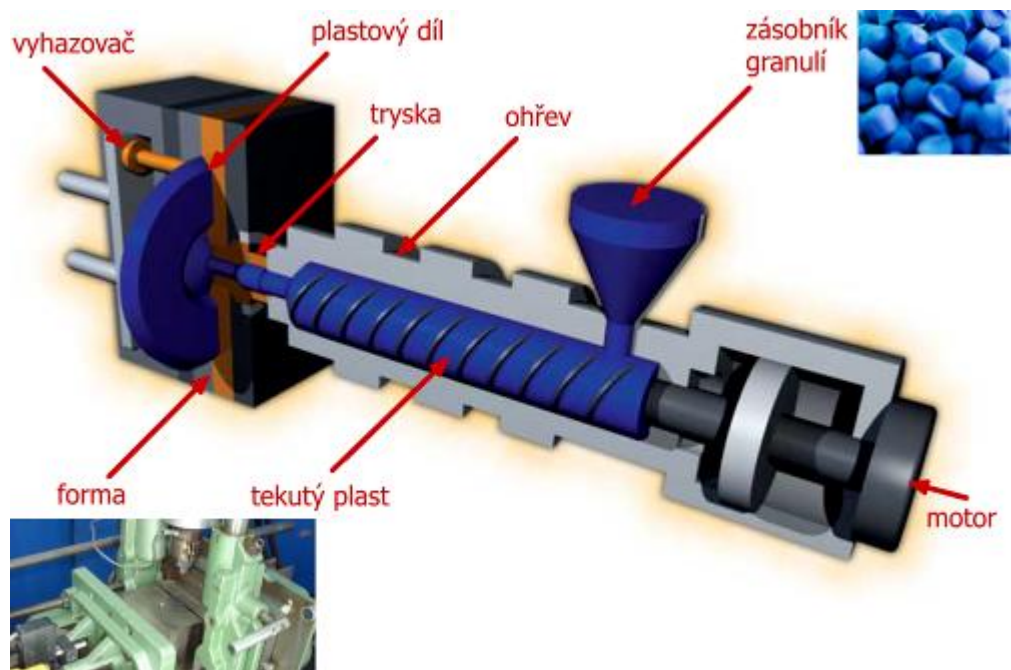
Obrázek č. 31: Výřez „označeného“ výkresu

Nr./ No.	Merkmal/Nennwert/Toleranz/Einheit Characteristic/Nominal value/Tolerance/Unit	Poznámky ke kor.	Ist-Wert Lieferant/ Actual values, supplier			Poznámky	Bewertung/Evaluation freigegeben/abgelehnt/ released/refused	
			1	2	3			
1	34,00 ± 0,00 / -0,15 mm	nekruhové -	33,88	33,92	33,85	nekruhové - měřit poloměr po 10 stupních pro provedení nekruhové korekce	✓	
2	3,00 ± 0,20 / 0,00 mm		3,15	3,10	3,11		✓	
3	3,00 ± 0,20 / 0,00 mm		3,13	3,10	3,13		✓	
4 D	3,00 ± 0,05 / 0,00 mm		3,00	3,04	3,03		✓	
5A	7,60 ± 0,10 / 0,00 mm		7,72	7,70	7,69	nahore		✗
5B	7,60 ± 0,10 / 0,00 mm		7,72	7,71	7,69	dole		✗
6A	0,35 ± 0,05 / -0,05 mm		0,51	0,50	0,48	nahore-prohnutý díl		✗
6B	0,35 ± 0,05 / -0,05 mm		0,33	0,32	0,35	dole-prohnutý díl	✓	
7A	2,64 ± 0,05 / -0,05 mm		2,61	2,62	2,61	nahore-prohnutý díl	✓	
7B	2,64 ± 0,05 / -0,05 mm		2,58	2,56	2,57	dole-prohnutý díl		✗
8	3,00 ± 0,10 / 0,00 mm		3,07	3,06	3,05		✓	
9 D	10,50 ± 0,10 / 0,00 mm		11,60	11,60	11,62	0,05/st-korekce s protikusem		✗
10 D	7,40 ± 0,10 / 0,00 mm		8,40	8,40	8,42	0,05/st-korekce s protikusem		✗
11 D	2,50 ± 0,10 / 0,00 mm		2,53	2,51	2,55		✓	
12	2,50 ± 0,00 / -0,10 mm		2,47	2,47	2,46		✓	
13	12,00 ± 0,10 / 0,00 mm		12,12	12,08	12,11			✗
14 D	22,60 ± 0,15 / 0,00 mm		22,68	22,75	22,72		✓	
15 D	25,20 ± 0,00 / -0,15 mm		25,10	25,18	25,14		✓	
16	5,50 ± 0,05 / -0,05 mm		5,49	5,45	5,48		✓	
17	rovinnost ± 0,10 / 0,00 mm		0,16	0,15	0,12			✗
18	rovnoběžnost ± 0,15 / 0,00 mm		0,36	0,35	0,32			✗
19	souosost ± 0,15 / 0,00 mm		0,13	0,13	0,14		✓	

Obrázek č. 32: Ukázka měrového protokolu, příprava pro korekci

5.2 Propojení formy s lisem

Pro úplnost této kapitoly je vhodné uvést alespoň základní funkční schéma propojení nástroje s lisem, viz. obrázek č. 33.



Obrázek č. 33: Schéma propojení vstřikovací lis [15]

6. KONTROLA JAKOSTI

6.1 Měření

Pro měření plastových dílů se z hlediska měření používají metody, které jsou obecně shodné jako při měření dílů kovových. Obecné tolerance řešila norma DIN 16 901 (viz kapitola 3). Geometrické tolerance jsou řešeny stejně jako u neplastových výrobků. Pro úplnost bude dále uveden přehled pro tolerance tvaru a polohy, viz obr. č. 34 a č. 35.

Značka*	Definice*	Označení tolerovaného prvku	Použití	Výsledek
	Kruhovitost Toleranční pole je omezeno v dané rovině průřezu dvěma soustřednými kružnicemi vzdálenými od sebe o šířku mezikruží rovnou toleranci kruhovitosti.			
	Přímot Toleranční pole je omezeno dvěma rovnoběžnými přímkami ve vyznačeném směru vzdálenými od sebe o hodnotu tolerance přímoty.			
	Rovinnost Toleranční prostor je omezen dvěma rovnoběžnými rovinami vzdálenými od sebe o hodnotu tolerance rovinnosti.			
	Válcovitost Toleranční prostor je omezen dvěma sousými válci vzdálenými od sebe o hodnotu tolerance válcovitosti.			
	Souosost Je-li hodnota tolerance předznamenána značkou průměru, je toleranční prostor omezen válcem o průměru rovném toleranci souososti a jeho osa se shoduje se základní osou.			
	Soustřednost Toleranční pole, v němž může ležet střed tolerovaného prvku, je kruhové o průměru rovném předepsané toleranci soustřednosti. Střed kruhu je přitom ve středu základního prvku.			
	Rovnoběžnost (dvě roviny) Toleranční prostor je omezen dvěma rovnoběžnými rovinami vzdálenými od sebe o hodnotu tolerance rovnoběžnosti a rovnoběžnými se základní rovinou.			
	Kolmost (referenční element osa) Toleranční prostor je omezen dvěma rovnoběžnými rovinami vzdálenými od sebe o hodnotu tolerance kolmosti a kolnými k základní vztážené ose.			
	Kolmost (referenční element rovina) Toleranční prostor je omezen válcem, jehož průměr se rovná hodnotě tolerance kolmosti a je kolmý k základní vztážené rovině.			
	Obvodové házení Toleranční pole v kterékoli rovině kolmé k ose je omezeno dvěma soustřednými kružnicemi vzdálenými od sebe o hodnotu tolerance házení v kterékoli radiální poloze na válci, jehož osa je totožná se základní osou.			
	Čelní házení Toleranční pole je omezeno dvěma kružnicemi vzdálenými od sebe o hodnotu tolerance házení v kterékoli radiální poloze na válci, jehož osa je totožná se základní osou.			
	Celkové obvodové házení Toleranční prostor je omezen dvěma sousými válci vzdálenými od sebe o hodnotu tolerance celkového obvodového házení a jejichž osa je totožná se základní osou.			
	Celkové čelní házení Toleranční prostor je omezen dvěma rovnoběžnými rovinami vzdálenými od sebe o hodnotu tolerance celkového čelního házení a kolnými k základní ose.			

Obrázek č. 34: Geometrické tolerance – přehled [14]

Značka*	Definice*	Označení tolerovaného prvku	Použití	Výsledek
	Kruhovitosť Toleranční pole je omezeno v dané rovině průřezu dvěma soustřednými kružnicemi vzdálenými od sebe o sílku mezikruží rovnou toleranci kruhovitosti.			
	Válcovitost Toleranční prostor je omezen dvěma sousými válci vzdálenými od sebe o hodnotu tolerance válcovitosti.			
	Rovinnost Toleranční prostor je omezen dvěma rovnoběžnými rovinami vzdálenými od sebe o hodnotu tolerance rovinnosti.			
	Tvar čáry Toleranční pole tvaru čáry je omezeno v rovině dvěma čarami ekvidistantními ke jmenovitému tvaru čáry.			
	Tvar plochy Toleranční pole tvaru plochy je omezeno v prostoru dvěma plochami ekvidistantními ke jmenovitému tvaru plochy.			
	Kolmost (rovina – osa) Toleranční prostor je omezen dvěma rovnoběžnými rovinami vzdálenými od sebe o hodnotu tolerance kolmosti a kolnými k základní vřtažné ose.			
	Kolmost (osa – osa) Toleranční prostor je omezen válcem, jehož průměr se rovná toleranci kolmosti k základní vřtažné ose.			
	Rovnoběžnost (rovina-rovina) Toleranční prostor je omezen dvěma rovnoběžnými rovinami vzdálenými od sebe o hodnotu tolerance rovnoběžnosti a rovnoběžnými se základní rovinou.			
	Rovnoběžnost (rovina-rovina) Toleranční prostor je omezen dvěma rovnoběžnými rovinami vzdálenými od sebe o hodnotu tolerance rovnoběžnosti a rovnoběžnými se základní rovinou.			
	Sklon roviny Toleranční prostor je omezen dvěma rovnoběžnými rovinami vzdálenými od sebe o hodnotu tolerance sklonu a svírající se základní rovinou nebo se základní přímkou jmenovitý úhel.			
	Poloha bodu Je-li hodnota tolerance předznamenána značkou průměru, je toleranční prostor omezen kružnicí o průměru rovném toleranci umístění.			
	Souosost Je-li hodnota tolerance předznamenána značkou průměru, je toleranční prostor omezen válcem o průměru rovném toleranci souososti a jeho osa se shoduje se základní osou.			
	Obvodové házení Toleranční pole v kterékoli rovině kolmé k ose je omezeno dvěma soustřednými kružnicemi vzdálenými od sebe o hodnotu tolerance házení v kterékoli radiální poloze na válci, jehož osa je totožná se základní osou.			

Obrázek č. 35: Geometrické tolerance – přehled [14]

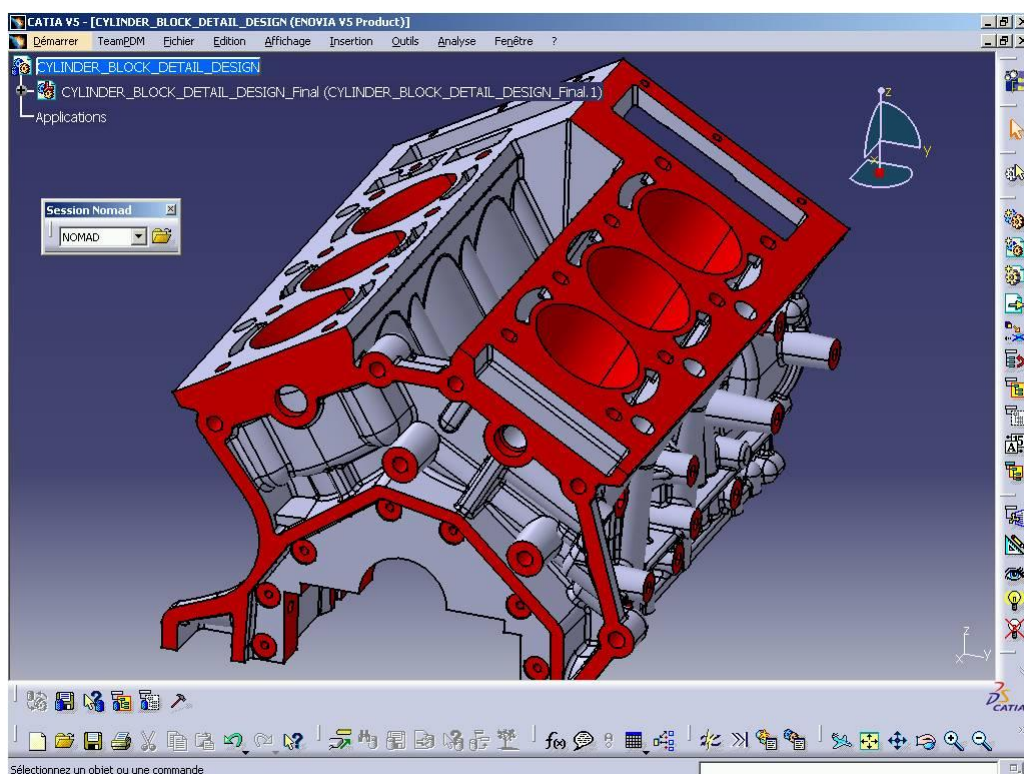
7. CAD SYSTÉMY POUŽÍVANÉ V AUTOMOBILOVÉM PRŮMYSLU

V této kapitole budou popsány nejzákladnější programy, které jsou používány v automobilovém průmyslu při tvorbě dokumentace.

7.1 Catia V5

„Je CAD systém firmy Dassault Systèmes – Francie. Computer – Graphics Aided Three Dimension Interactive Application. Počítačovou grafikou podporovaná třírozměrná interaktivní aplikace.

Na obrázku č. 36 je pohled na základní rozložení pracovní části systému Catia V5“



Obrázek č. 36: Catia V5 – pohled na „obrazovku“ [11]

7.1.1 Catia V5 - modulární systém

„Řešení CATIA jsou nabízena nejen jako samostatné produkty (moduly), ale rovněž jako zkompletovaná logická seskupení produktů

(konfigurace), které odpovídají obvyklým uživatelským profilům v průmyslových i výrobních oblastech. Konfigurace jsou vlastně balíky programů, specificky upravené pro profese, které se ve vývoji a přípravě výroby běžně vyskytují. Ve většině případů by měla některá z konfigurací splňovat nároky uživatele, ale v případě potřeby dalších funkcí je možné ke konfiguraci kdykoli přidat jeden nebo více samostatných produktů. Takto je možné sestavit patřičnou kombinaci funkcí, pro potřeby konkrétní společnosti.“

„Mechanical Design Solution“

„Mechanická konstrukce - Intuitivní 3D objemové modelování (Part Design), modelování ploch, práce s plechy, tvorba a práce se sestavami, tvorba výkresů. Mechanická konstrukce je skupina aplikačních modulů pro vývoj CAD modelů obecných strojírenských konstrukcí s cílem vytvořit plně editovatelný parametrický model s řadou geometrických a technologických features a plnou asociativitou. Technická výkresová dokumentace vzniká projekcí modelů nebo přímým kreslením.“

„Shape Design & Styling Solution“

„Tvarování a styling - Produkty pro vytváření, řízení a modifikace jednoduchých i složitých ploch - specializované aplikace pro nejvyšší požadavky v oblasti volného i parametrického designu na bázi povrchového modelování. Zahrnuje také specializované nástroje určené pro profesionální požadavky vývoje v oblasti automobilového karosářství.“

„Product Synthesis“

„Syntéza produktu - nástroje pro kontrolu digitálního prototypu a pro simulace jeho funkčnosti - aplikace určené pro virtuální analýzu a hodnocení funkčnosti komplexního průmyslového výrobku během celého jeho životního cyklu. Tento zahrnuje jeho finální montáž, simulace užitečných funkcí, vlastností a servisních výkonů a také závěrečnou demontáž po uplynutí životnosti. Aplikace jsou uzpůsobeny pro práci s velmi rozsáhlými sestavami ve formě

tzv. digitálních prototypů (Digital Mock-Up, nebo DMU) a obsahují prvky virtuální reality.“

„Equipment and System Engineering Solution“

„Vnitřní zařízení a systémy - produkty pro návrhy elektrických zařízení, kabelových svazků a rozvodů - Aplikace pro návrh, modifikaci a analýzu elektrických a kapalinových systémů s cílem řešit celkové uspořádání prostorových poměrů v rámci průmyslového výrobku.“

„Analysis Solution“

„Inženýrské analýzy - produkty pro jednoduché analýzy metodou konečných prvků, určených pro konstruktéry k prvotní analýze jednotlivých dílů nebo sestav. Aplikace jsou určeny zejména pro předběžné posouzení správnosti navrženého dimenzování konstrukce konstruktérem a zajišťují rychle dostupnou informaci o stabilitě konstrukce přímo při jejím vzniku. Umožňují analyzovat napětí a vibrace.“

„Machining“

„NC obrábění - Předmětem specializovaných CAM aplikací je tvorba numerických řídicích dat pro počítačově řízené výrobní technologie na základě geometrie CAD modelů.“

„Infrastructure Solution“

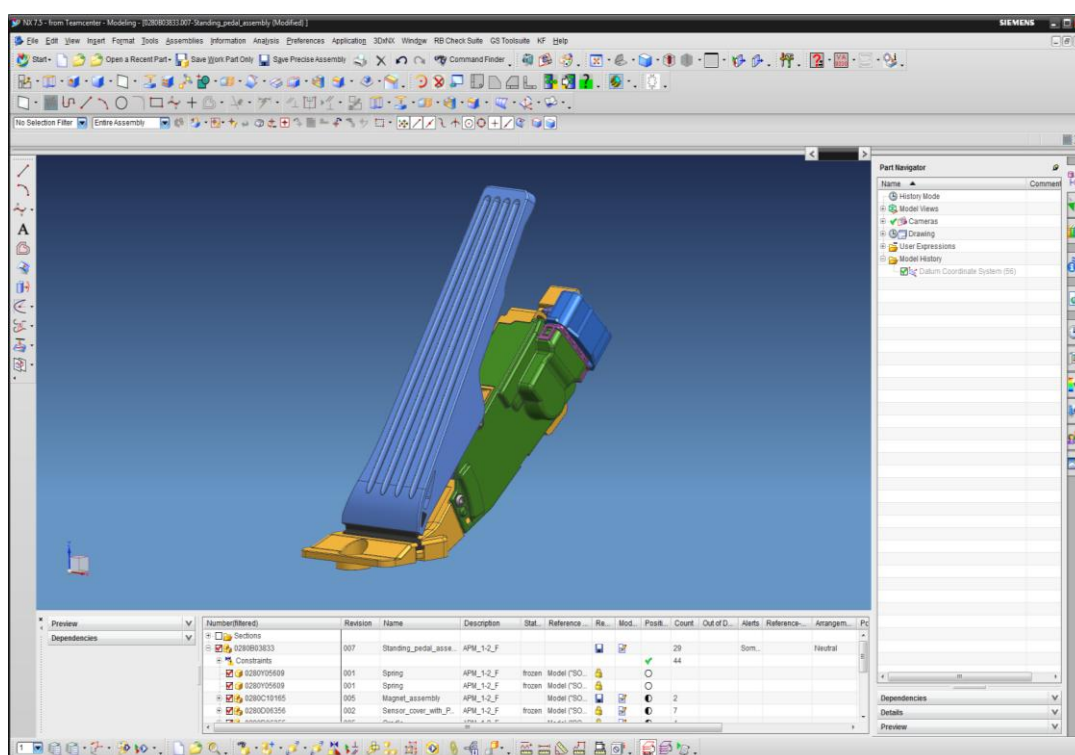
„Infrastruktura systému - Zahrnuje převodníky mezi CATIA V5 a dalšími standardními formáty, umožňuje výměnu dat s předchozí verzí CATIA V4.“

Kapitola 7.1 citována dle podkladů z [11].

7.2 Unigraphics NX

„NX, také známý jako NX Unigraphics nebo obvykle jen UG, je moderní CAD software vyvinutý společností Siemens PLM Software

Aplikace CAD/CAM/CAE představují v příslušném průmyslovém odvětví nejširší řadu integrovaných a plně asociativních řešení, které pokrývají celý rozsah vývojových procesů v oblasti designu produktů, výroby a simulace. Řešení NX poskytuje kompletní sestavu nástrojů pro integraci automatizace procesů, a umožňuje tak uživatelům shromažďovat a opětovně využívat znalosti o výrobcích a procesech. Na obrázku č. 37 je pohled na základní rozložení pracovní části systému UG-NX.“



Obrázek č. 37: UG-NX – pohled na „obrazovku“

7.2.1 UG-NX - modulární systém

3D konstruování - NX CAD nabízí kompletní možnosti tvorby 3D modelů, sestav a nástrojů pro tvorbu výkresové dokumentace. NX nabízí také nástroje pro import a editaci modelů z ostatních CAD systémů. Samotnou sekci pak tvoří tvorba plechových dílů. Všechny moduly NX jsou navzájem

provázány tak, že se konstruktér může volně pohybovat mezi tvorbou modelu, výkresu nebo sestavy.

Synchronní technologie je nástroj pro editaci modelů bez ohledu na jejich historii. Pomocí nástrojů synchronní technologie může konstruktér stejně jednoduše editovat neparametrický model importovaný z jiného CAD systému jako model, který sám vytvořil. Tento nástroj nepřístupuje k modelu jako ke "skupině" modelovacích prvků (vytažení, otvor, drážka...) ale jako k tělesu, které je tvořeno stěnami. Změna modelu je realizována posunutím stěny, změnou rozměru nebo tvaru stěny tělesa.

Průmyslový design a styling - tento proces u určitého typu výrobků logicky začíná návrhem tvaru a vzhledu a pak teprve následuje řešení samotné konstrukce. Oblast průmyslového designu využívá moduly pro tvorbu plošných těles a vizualizace.

Mechatronika - Elektromechanika je integrované prostředí pro komplexní vývoj výrobku, které obsahuje i návrh elektromechanické části výrobku. Díky svým vlastnostem umožní spojit práci jak strojních konstruktérů, tak práci elektrokonstruktérů v jednom prostředí.

Konstrukce nástrojů jsou specializované moduly tvorby forem pro vstřikování plastů, pro tvorbu postupových nástrojů a elektrod. Kromě programově řešených postupů pro tvorbu základního rozvržení nástroje využívají také knihovny standardních dílů od firem, zabývajících se jejich produkcí (HASCO, MEUSBURGER, apod.).

Kapitola 7.2 citována dle podkladů z [12].

7.3 CAD systémy

V kapitole č. 6 byly podrobněji zmíněny nejpoužívanější systémy, které se podílí na tvorbě dokumentace pro automobilový průmysl. Je však nutné pro úplnost připomenout, že na trhu je značné množství dalších CAD systémů.

Výše uvedené systémy však poskytují komplexní řešení umožňující cestu od samotného designového návrhu výrobku, přes jeho konstrukční zpracování a tvorbu výkresové dokumentace za podpory výpočetních modulů, až po tvorbu programu umožňující výrobu nástrojů pro navrhovaný díl nebo celé sestavy.

Je zcela zřejmé, že výše uvedené systémy jsou poměrně cenově náročné, nicméně vzhledem k tomu, že je nutná kompatibilita mezi jednotlivými dodavateli a stále větší tlak na poskytování „živých“ dat, museli se i menší výrobci tomuto tlaku přizpůsobit a používají moduly těchto systémů.

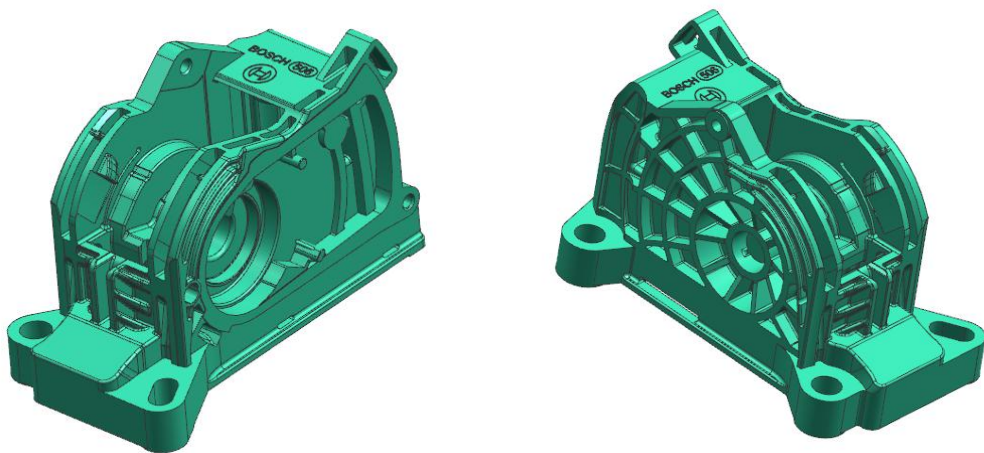
PRAKTICKÁ ČÁST

8. VYBRANÝ DÍL - POPIS, VÝBĚR MATERIÁLU, ZAFORMOVÁNÍ

8.1 Popis dílu

Jako praktickou ukázkou principů popisovaných v teoretické části je vybrána součást „Base“, jako část sestavy APM (Accelerator pedal module), která je konstruována a vyráběna ve firmě Robert Bosch České Budějovice.

Jedná se o poměrně tvarově složitou plastovou součást, která je základním nosným prvkem celé sestavy APM. Na tuto část jsou montovány ostatní díly včetně částí elektroniky a celek potom tvoří výše uvedený APM modul, který je možno použít do široké palety vozů různých značek.



Obrázek č 38: Díl „Base“ (sériová produkce fa. RBCB)

8.2 Materiál dílu

Z výše uvedeného popisu dílu je patrné, že díl, který je základním nosným prvkem musí být navržen tak, aby splňoval náročné požadavky, které jsou na celou sestavu APM kladeny samotnými zákazníky, tedy především automobilkami.

Základním předpokladem pro zajištění těchto požadavků, je kromě nutného předpokladu zvládnuté konstrukce i vhodně zvolený materiál dílu, tedy plast, pokrývající celou paletu požadavků a to včetně zachování parametrů po celou dobu provozu vozidla.

Kritériem pro výběr materiálu však nejsou jenom jeho technické parametry, ale ve stále větší míře se projevuje tlak automobilek na cenu, který se samozřejmě promítá v každé jednotlivé fázi návrhu výrobku, tedy i při návrhu materiálu.

Pokud bychom pro díl „Base“ měli vybrat materiál, vybírali bychom zejména z palety konstrukčních plastů plněných potřebným množstvím skleněných vláken, popřípadě polypropylén ze standardních plastů, který však musí být plněn dlouhými skleněnými vlákny, abychom se alespoň částečně přiblížily plastům konstrukčním.

Po zhodnocení všech hledisek je jako nejvhodnější vybrán plněný polyamid, tedy přesněji PA6 GF30, materiál plněný 30% krátkých skelných vláken. Ostatní materiály jsou drahé, cena výsledného produktu by se stala nekonkurenceschopnou a výrobek neprodejný nebo materiál není schopen pokrýt specifikaci zákazníka a to ani za použití vyššího podílu skelných vláken nebo dokonce dlouhých skelných vláken.

8.3 Konstrukce dílu

Konstrukce dílu je obecně řečeno navržena tak, aby celá sestava splňovala specifikaci zákazníka. Z hlediska plastů je použito principů popisovaných v teoretické části této práce. Při návrhu se dále uplatňují i pevnostní simulace a simulace tečení. Tyto simulace umožňují optimalizaci dílu již při samotném návrhu a minimalizují se tak drahé a složité změny konstrukce již hotového dílu a potažmo i nástrojů.

Samotný model je zhotoven tak, aby bylo možné využít shodné celky konstrukce a měnit tedy jen tu část, která je odlišná dle požadavků různých zákazníků. Dále jsou i jednotlivé části modelovány tak, aby jejich případná změna nutně neznamenala přemodelování celého dílu, ale pouze dílčí úpravu „postižené“ oblasti. Tento fakt je však vzhledem k použitému CAD systému UG-NX 7.5 prakticky standard, neboť současné CAD systémy již ani nepočítají s možností, že by byl model vytvořen „neparаметricky“.

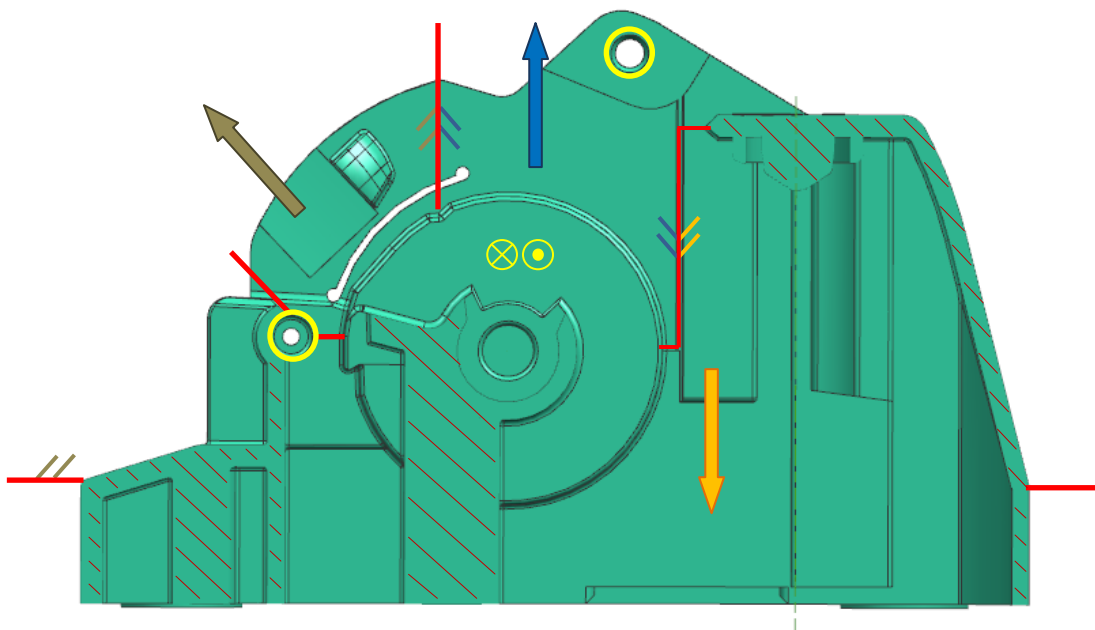
8.4 Zaformování dílu

Návrh formování a koncepce formy samotné je velkou měrou ovlivněna konstrukcí a tvarem dílu. Je tedy i zodpovědností každého jednotlivého konstruktéra navrhnout díl tak, aby bylo využito co možná nejméně formovacích směrů. Samozřejmě, že v některých případech je tato podmínka obtížně udržitelná, ale při návrhu dílu je nanejvýše vhodné mít toto na paměti a pokusit se o co nejjednodušší formování.

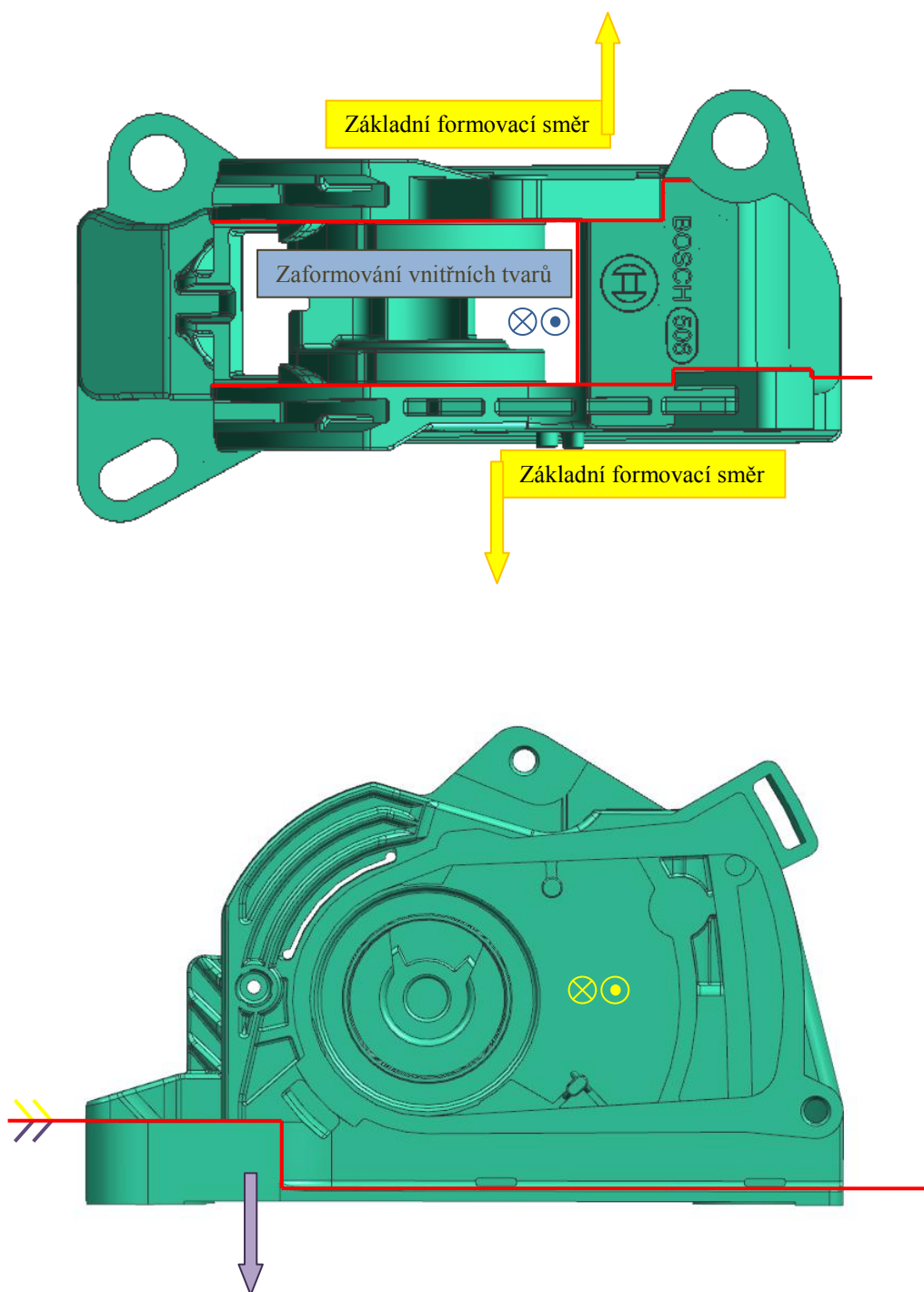
Podíváme-li se na díl „Base“ je zřejmá jeho tvarová složitost, způsobená integrací mnoha funkcí. Jde vlastně o nosnou část celého APM modulu. Z tohoto pohledu je tedy velmi obtížné dodržet „čistotu“ konstrukce tak, aby nemusely být použity vložky formující díl do různých směrů.

8.4.1 Zaformování dílu „Base“

V následující kapitole se podíváme, jak probíhá formování dílu „Base“. Pro lepší pochopení je proveden náčrt směrů formování do obrázku „vyřezaného“ z CAD systému.



Obrázek č. 39: Díl „Base“ - základní zaformování vnitřních tvarů



Obrázek č. 40: Díl „Base“ - základní dělení nástroje

Z výše uvedených obrázků vyplývá značná složitost formování a tedy následně i formy. V případě, kdy zákazník požaduje velké množství APM modulů a je tedy nutné volit i větší násobnost formy, která je velice složitá na

konstrukci a samozřejmě tomu odpovídá také její velikost a potažmo i volba velikosti samotného lisu, na který bude nástroj nasazen.

Z praktického hlediska je však nemožné volit koncepci nástroje pro tento konkrétní díl více než čtyřkavitní a i tato volba je již velice náročná z hlediska konstrukčního řešení tak i výroby a hlavně korekcí nástroje. Jako optimální se zde jeví nástroj dvoukavitní, který však vždy nemusí pokrýt kapacitní požadavky zákazníka.

Všechny tyto parametry, tedy násobnost formy, velikost lisu, vstřikovací cyklus, délka korekcí, rozhodují o výsledné ceně produktu. Základem konečné ceny je však především samotná konstrukce a proto je nutné, aby již samotný návrh byl nejen funkční, ale bral ohled i na samotnou výrobu, technologii montáže a další možné technologické procesy.

9. MOŽNÁ NÁHRADA SLOŽITĚ FORMOVATELNÉHO DÍLU JEDODUŠŠÍM, PŘI ZACHOVÁNÍ FUNKČNOSTI

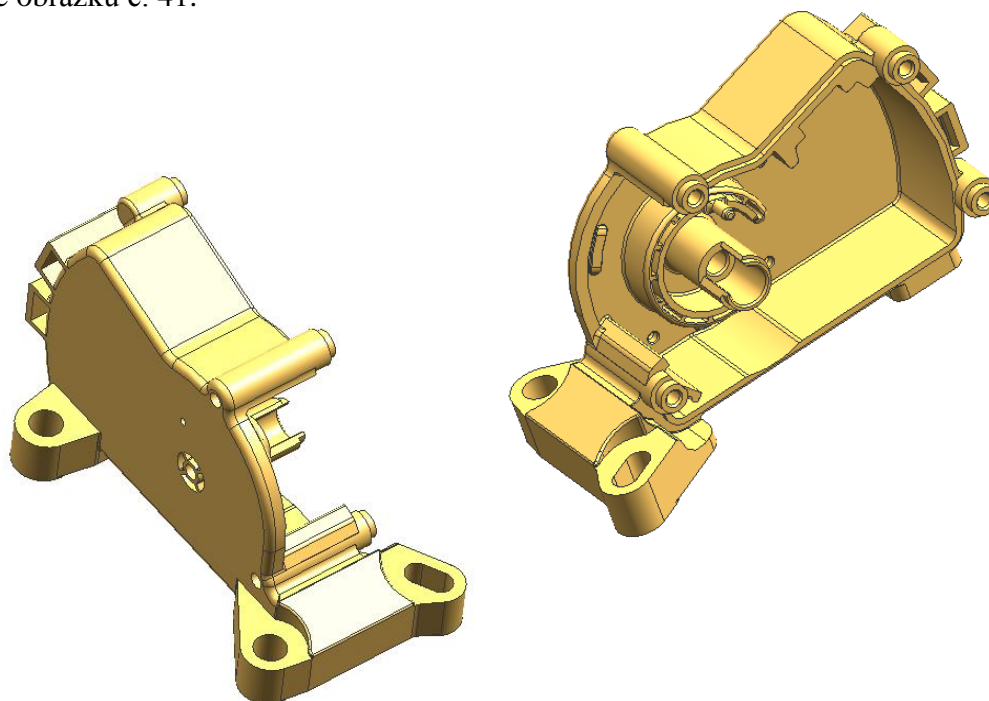
V kapitole č. 8. byla popsána součást „Base“ a technologie výroby tohoto dílu. Je zde také vidět, že výroba takto tvarově složitě součásti je velice náročná.

Položme si otázku: „Je technicky možné zjednodušit tento výlisek při zachování funkčnosti?“

V této kapitole se pokusíme takové řešení ukázat. Pro celkové ekonomické zhodnocení je však nutné vzít v úvahu nejenom řešení konstrukce a nástroje, tak i náročnost montáže a další výrobní i technologické ukazatele.

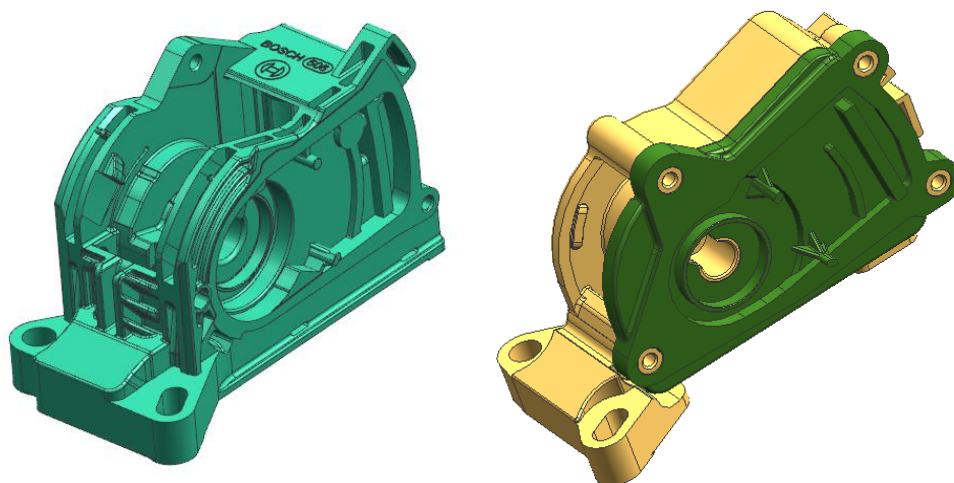
9.1 Úprava konstrukce

Při návrhu součásti bylo použito materiálového a funkčního schématu součásti stávající, ale celá konstrukce byla upravena tak, aby se výrazně zjednodušilo formování. Výsledkem tohoto je součást, která by mohla mít tvar dle obrázku č. 41.



Obrázek č. 41: Díl „Base“ – možný návrh „nové“ konstrukce s ohledem na jednodušší formování.

Z výše uvedeného obrázku je patrné, že díl je poněkud „otevřený“ a neplnil by tedy všechny požadované funkce. Proto je nutné díl „uzavřít“ a doplnit tak další funkční plochy. Na obrázku č. 42 je vidět možná celková náhrada stávající konstrukce a její vizuální porovnání.



Obrázek č. 42: porovnání stávající konstrukce s možnou náhradou

Z obrázku č. 42 je také patrné, že na pokrytí všech požadovaných funkcí potřebujeme v případě upravené konstrukce dva díly a tedy i dva formovací nástroje.

V úvodu kapitoly 9, bylo řečeno: „Pro celkové ekonomické zhodnocení je však nutné vzít v úvahu nejenom řešení konstrukce a nástroje, ale i náročnost montáže apod.“. Dále by tedy měla být zhodnocena ekonomická „výtežnost“ takovéto úpravy.

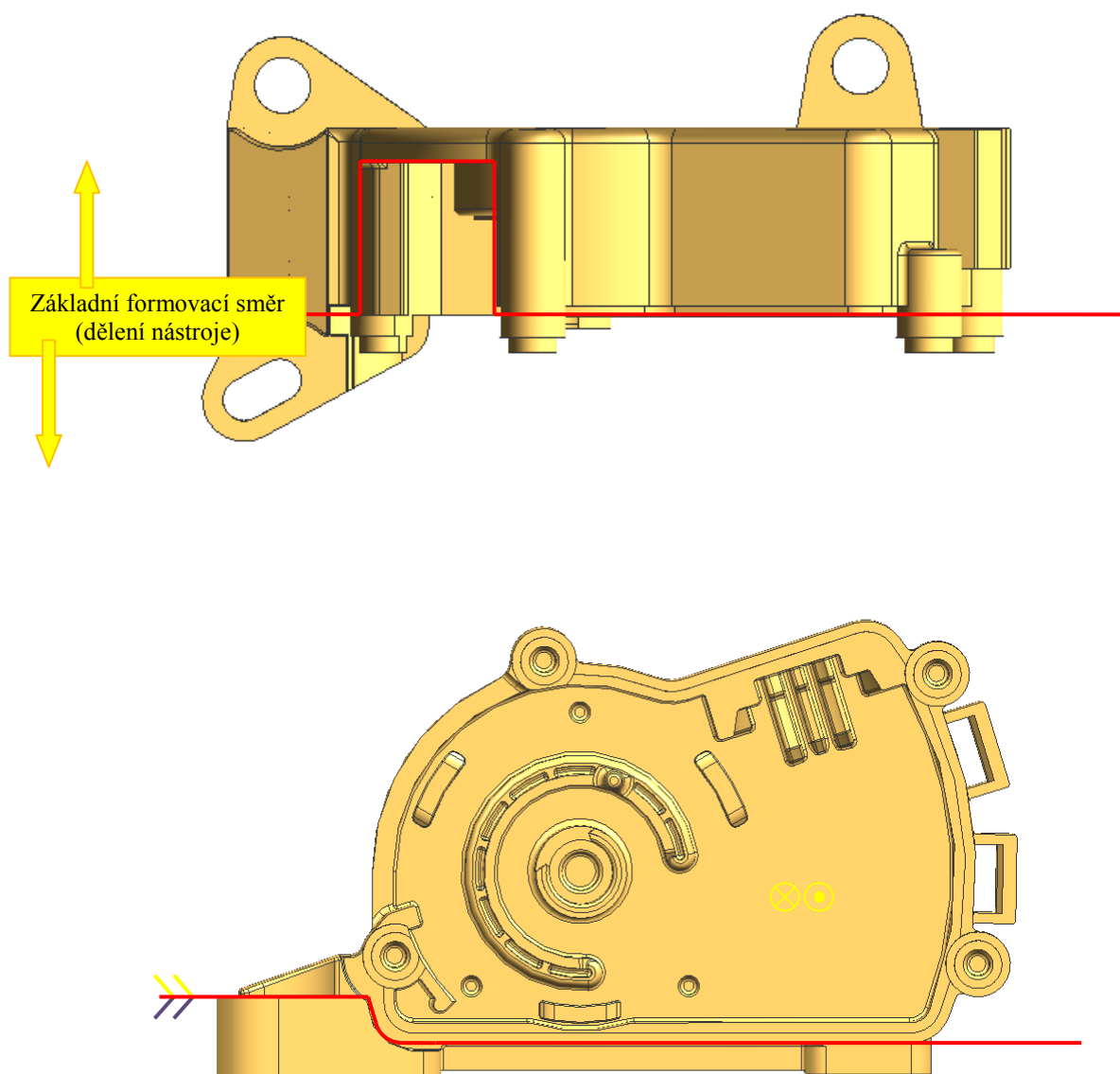
Pro celkové technické zhodnocení bude dále popsáno zaformování „nového“ dílu „Base“ dále jen „New base“.

9.2 Zaformování dílu „New base“

V kapitole 8 bylo také ukázáno poměrně obtížné formování dílu „Base“ ze stávající produkce. Pro tento díl bylo potřeba kromě základního dělení odformovat tři další směry, použít i vložky vložené do dalších vložek a provést přesné časování pojezdů tak, aby nedošlo k havárii nástroje. Jak již bylo

řečeno, vzhledem k takové „komplikovanosti“ může být využit maximálně čtyřkavitní nástroj.

Pokud se podíváme na formování dílu „New base“ je na první pohled zřejmé značné zjednodušení dílu. Na obrázku č. 43 je rozkresleno, jak by vypadalo základní dělení nástroje.

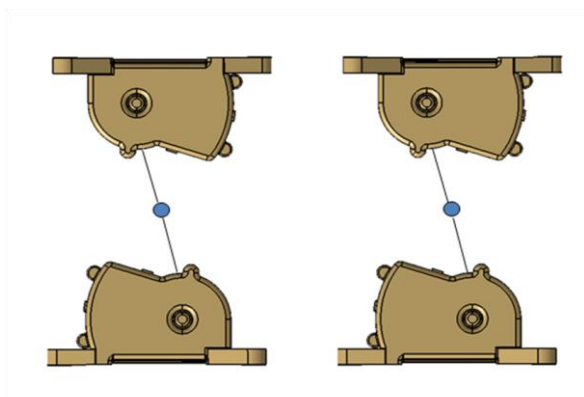


Obrázek č. 43: Díl „New base“ - základní dělení nástroje

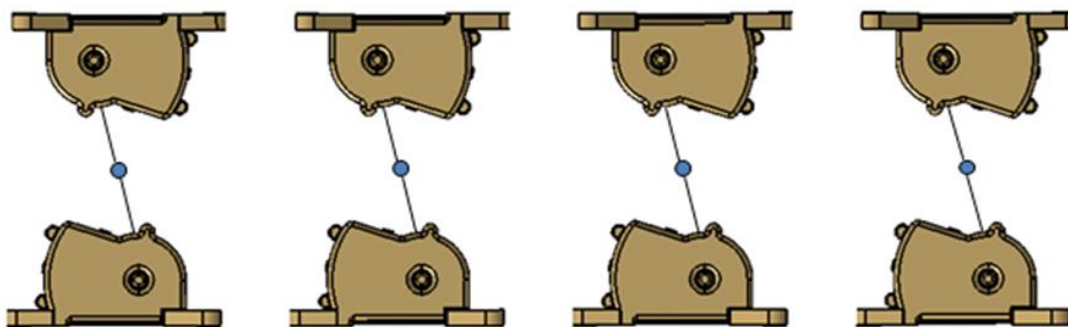
Z obrázku č. 43 je patrné, že na odformování dílu bude kromě základního dělení potřeba pouze jedna vložka, která bude formovat podstavu. Nástroj také neobsahuje žádné další vložky vložené do dalších vložek, jako tomu je v případě původního dílu „Base“.

9.3 Možná koncepce formy „New base“

Vzhledem ke značnému zjednodušení konstrukce dílu, snížení počtu odformovacích směrů, bude i značně jednodušší konstrukce nástroje a je tedy možné volit tento nástroj i více než čtyřkavitní. Na obrázku č. 44 je schéma základní koncepce čtyřkavitního nástroje a na obrázku č. 45 osmikavitního, který se z poměrů velikosti nástroje, velikosti lisu a délky vstřikovacího cyklu jeví jako ekonomicky hraniční. Při volbě více než osmikavitní koncepce nástroje musí být již volen úměrně větší lis s většími náklady na hodinovou sazbu, což by neúměrně prodražilo výrobu a tedy i cenu dílu.



Obrázek č. 44: Díl „New base“ – schéma čtyřnásobného nástroje



Obrázek č. 45: Díl „New base“ – schéma osminásobného nástroje

10. ZÁVĚR

Jak bylo vytýčeno v úvodní části, cílem této diplomové práce je přinést přehled o základních, nejvíce používaných plastech v automobilovém průmyslu, u některých z nich ukázat možný rozsah použití, jejich vlastnosti a dále přiblížit konstrukční zásady, které je nutné dodržovat při návrhu výlisku. Z tohoto důvodu je zmíněna i norma DIN 16 901, která je základním vodítkem při stanovování tolerancí.

Vzhledem k záměru vytvořit komplexní přehled, jsou v této práci také zpracovány kapitoly věnované vstříkovacím formám, korekcím těchto forem, měření, jakož i přehledu možných CAD systémů, které jsou v automobilovém průmyslu nejvíce používány.

V části praktické byl následně proveden rozbor konkrétního plastového dílu vyráběného v fa. Robert Bosch České Budějovice, z pohledu výběru vhodného typu termoplastu, konstrukce a zaformování. Dále je zde ukázána možnost náhrady tohoto dílu jiným, z hlediska konstrukce jednodušším a také z hlediska zaformování přijatelnějším.

Při celkovém pohledu na tuto práci bylo hlavní cílem, přiblížit oblast plastů v základní rovině poznání těm lidem, kteří se s plasty, zásadami při jejich konstrukci a zpracováním teprve seznamují a přinést tak první, základní náhled do této problematiky.

Z pohledu zvoleného rozsahu a možných oblastí využití, tedy jako základní firemní školicí materiál začínajících konstruktérů a technických pracovníků, popřípadě jako výuková pomůcka technických škol a učilišť, se jeví zvolený rozsah i obsahová stránka této práce jako přiměřeně dostatečná, a vytýčené cíle jsou z pohledu autora splněny.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A PRAMENŮ

- [1] ROBERT BOSCH, *Termoplasty – školící materiály*. České Budějovice: Odd. FV/PLK1 1998. ISBN neuvedeno
- [2] DUPONT, *General Design Principles for Dupont Engineering*, Dupont Switzerland: 1996 H-34737. ISBN neuvedeno
- [3] HOECHST AG, *Technische Kunststoffe*, Frankfurt am Main: Marketing Technische Kunststoffe Deutschland. ISBN neuvedeno
- [4] NORMENAUSSCHUSS KUNSTSTOFFE (FNK) IM DIN DEUTSCHES INSTITUT FUER NORMUNG E.V., NORMENAUSSCHUSS LAENGE UND GESTALT (NLG) IM DIN, *DIN 16 901*, Berlin: Beuth Verlag GmbH 1982. ISBN neuvedeno
- [5] Vítejte na stránkách firmy Forez
<http://www.forez.cz> ,20.9.2011
- [6] Vstřikovací formy
<http://www.zv-nastroje.cz/web/index.php/cs/vyrobky/formy>, 20.9.2011
- [7] TECHNOLOGY WITH VISION – WELCOME TO HELLA
<http://www.hella.com>, 25.10.2011
- [8] Injection moulds
<http://www.skd-bojkovice.cz>, 26.10.2011
- [9] Normalien
<http://www.hasco.com/de/Produkte/Normalien>, 26.11.2011
- [10] Lisovna plastů
<http://www.kasko.cz/lisovna-plastu/>, 26.11.2011
- [11] CATIA V5
<http://dytron.cz/catia-popis/catia-v5.aspx>, 10.9.2012
- [12] AXIOM TECH
<http://www.axiomtech.cz/>, 11.9.2012
- [13] <http://www.cad.cz/strojirenstvi/38-strojirenstvi>, 20.9.2011
- [14] <http://www.mitutoyo.czech.cz/> - 20.11.2011
- [15] <http://www.designtech.cz/c/plm/k-plastovemu-dilu-cesta-dlouha.htm> - 6.11.2012

BIBLIOGRAFICKÉ ÚDAJE

Jméno autora: Bc. Václav Čížek

Obor: pedagogika – učitelství fyzika, technická výchova

Forma studia: kombinovaná

Název práce: Návrh a výroba plastové součásti

Rok: 2012

Celkový počet stran: 79

Počet titulů literatury a pramenů: 15

Vedoucí práce: PaedDr. Alena Poláchová, Ph.D.