

Inovace interiérového automobilového dílu

David Thomke

Bakalářská práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **David THOMKE**
Osobní číslo: **T080116**
Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Inovace interiérového automobilového dílu**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární rešerši na dané téma.
2. Provedte rozbor stávajícího řešení a navrhnete úpravy.
3. Zpracujte návrh nového dílu a doložte jej výkresem.
4. Provedte zhodnocení návrhu a rozbor řešení.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Štěpán Šanda

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

14. února 2011

Termín odevzdání bakalářské práce:

3. června 2011

Ve Zlíně dne 6. ledna 2011



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan

L.S.



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 3.6.2011

.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá konstrukčním řešením nového automobilového dílu vyráběného technologií vstřikovací. Teoretická část se zaměřuje na popis technologických vlastností, konstrukčních principů, spojování polymerů a povrchovou úpravou nejčastěji používaných polymerů v automobilovém průmyslu. V praktické části bakalářské práce je vypracován 3D návrh plastového dílu a statická analýza pomocí softwaru Abaqus/ CAE.

Klíčová slova: vstřikování, výrobek, konstrukce, Catia V5, Abaqus/ CAE

ABSTRACT

My thesis describe construction of new car part, which is making by injection technology. In the theoretical section I describe polymers properties and making. In the second- practis part in describe construction proposal and static analysis of new platic part. This construction and anylisis is done by the Abaqus software.

Keywords: injection, part, construction, Catia V5, Abaqus/ CAE

Svému vedoucímu bakalářské práce ing. Štěpánu Šandovi upřímně děkuji za obětavou a tvůrčí spolupráci a za pečlivé provedení korektur při vzniku této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat mé manželce Radomíře a dceři Kateřině za trpělivost při mé cestě, než mohla tato bakalářská práce vzniknout.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 DRUHY POLYMERŮ, JEJICH VLASTNOSTI A POUŽITÍ	12
1.1 ZÁKLADNÍ KLASIFIKACE POLYMERŮ	12
1.2 DĚLENÍ POLYMERŮ.....	12
1.2.1 Dělení polymerů dle objemu výroby a konstrukční náročnosti	12
1.2.2 Dělení polymerů dle různých charakteristik	13
1.3 VLASTNOSTI A POUŽITÍ POLYMERŮ V AUTOMOBILOVÉM PRŮMYSLU	13
1.3.1 Polyolefiny	13
1.3.2 Polystyrenové plasty	14
1.3.3 Polyacetyly	16
1.3.4 Polyamidy	16
1.3.5 Polyestery	17
1.3.6 Polyuretany	18
2 ZÁSADY NAVRHOVÁNÍ POLYMERNÍCH VÝROBKŮ	19
2.1.1 Tloušťka stěny	19
2.1.2 Propady rovinných ploch	19
2.1.3 Úkoso	19
2.1.4 Nezaoblené hrany	20
2.1.5 Okrajové lemy	20
2.1.6 Vyztužování výstřiku	21
2.1.7 Cena výchozího polymeru.....	22
3 SPOJOVÁNÍ POLYMERNÍCH DÍLŮ	23
3.1 POROVNÁNÍ ZPŮSOBŮ SPOJENÍ POLYMERŮ	24
3.2 SVAŘOVÁNÍ.....	24
3.2.1 Svařování třením	26
3.2.2 Svařování ultrazvukem.....	26
3.2.3 Dielektrické (vysokofrekvenční) svařování	27
3.2.4 Kondukční svařování	27
3.2.5 Svařování zářením.....	28
3.3 NÝTOVÁNÍ.....	30
3.4 SPOJENÍ POMOCÍ ZÁPADEK (KLIPŮ).....	31
3.5 NALISOVÁNÍ.....	32
3.6 POMOCÍ PŘÍDAVNÝCH ELEMENTŮ.....	32
4 POVRCHOVÁ ÚPRAVA	33
4.1 LEŠTĚNÍ.....	33
4.2 DEZÉNOVÁNÍ.....	34
4.3 LAKOVÁNÍ.....	34
4.4 POKOVOVÁNÍ	35
5 ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI	36
II PRAKTICKÁ ČÁST	37
6 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	38

7	POUŽITÝ SOFTWARE	39
7.1	CATIA V5 RELEASE 19	39
7.2	ABAQUS/ CAE 6.10.....	39
7.3	VXELEMENTS- MODUL VXSCAN	39
8	KONSTRUKČNÍ NÁVRH VÝROBKU	40
8.1	TECHNICKÝ POPIS VÝROBKU	40
8.2	DESIGNOVÝ NÁVRH.....	40
8.3	DIGITALIZACE PROSTORU POMOCÍ REVERZNÍHO INŽENÝRSTVÍ	41
8.3.1	Průběh digitalizace a úprava dat	42
8.4	VOLBA MATERIÁLU	46
8.5	NÁVRH PROFILU- VÝPOČET ZATÍŽENÍ	47
8.5.1	Rozbor zatížení.....	47
8.6	KONSTRUKCE VIRTUÁLNÍ 3D SESTAVY	48
8.6.1	Kotevní konzola	48
8.6.2	Vertikální rameno.....	49
8.6.3	Horizontální otočné rameno	50
8.6.4	Krytka dolní	51
8.6.5	Sestava odkládací desky.....	52
8.7	MECHANICKÁ ANALÝZA.....	52
8.7.1	Mechanická analýza a optimalizace v programu Abaqus	53
9	DISKUSE VÝSLEDKŮ	55
10	ZÁVĚR.....	56
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	57
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	59
	SEZNAM OBRÁZKŮ	60
	SEZNAM TABULEK.....	62
	SEZNAM PŘÍLOH.....	63

ÚVOD

Přírodní polymery jako je dřevo, bavlna, vlna, kůže a slonovina užívali lidé po tisíce let. Znali pouze jejich užitečné vlastnosti. Teprve věda s moderními nástroji se začala zajímat o strukturu těchto polymerů a kolem roku 1907 se podařilo Berkelandovi synteticky vyrobit první umělý polymer, který našel technické použití. Nazval jej bakelit. Další desetiletí byly polymery středem zájmu chemiků, kteří připravovali nové polymery na základě syntézy malých organických molekul. Do inženýrské praxe se polymery dostávají po první a zejména po druhé světové válce. V padesátých letech minulého století přichází studium polymerů na akademickou půdu a vznikají výzkumná pracoviště, která se výhradně zabývají strukturou a vlastnostmi polymerů a vzniká věda o polymerech (Physical Polymer Science). Velmi brzy se ukázalo, že syntetické polymery svými vlastnostmi mohou nahradit nejen polymery přírodní, ale často i materiály kovové, keramiku i sklo. S ohledem na skutečnost, že polymery se vyrábějí z relativně levných a dostupných surovin a také proto, že se snadno zpracovávají, došlo k obrovskému rozvoji polymerních materiálů, takže bez nadsázky se dá říci, že po době bronzové a železné se staly polymery civilizačním materiálem v našem slova smyslu. [3]

K nejrozšířenějšímu technologickému zpracování polymerů v automobilovém průmyslu patří vstřikování, což je cyklický proces. Vstřikování je typické pro hromadnou a velkosériovou výrobu. Výrobky vyráběné vstřikováním mají charakter samostatného dílu, nebo jsou součástí většího celku, např. přístrojové desky, obložení dveří, středová konzole, nárazníky apod. Často jedná o výrobky značně členitých tvarů, s vysokou rozměrovou přesností. [4]

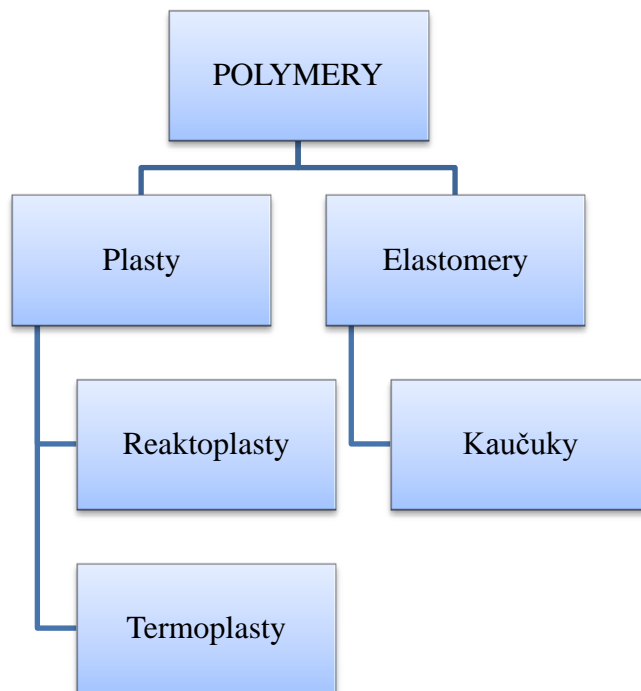
Výroba přesných výstřiků, výrobky vyráběné technologií vstřikování, předpokládá vedle praktické zkušenosti i osvojení určitých teoretických vědomostí. Rozsah těchto vědomostí se vzhledem k dynamice celého oboru neustále zvětšuje a zahrnuje údaje jak o konstrukčních zásadách vývoje výstřiku, tak i znalosti z konstrukce forem a dále znalosti z oboru reologie, metrologie apod. [6]

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 DRUHY POLYMERŮ, JEJICH VLASTNOSTI A POUŽITÍ

Podat vyčerpávající rozdělení polymerních materiálů není možné a to pro jejich obrovskou rozmanitost, jejich rozličné vlastnosti i jejich použití. Bude zmíněno jen takové rozdělení, které je v technické praxi nejběžnější. [3]

1.1 Základní klasifikace polymerů



Obr. 1. Rozdělení polymerů [6]

1.2 Dělení polymerů

1.2.1 Dělení polymerů dle objemu výroby a konstrukční náročnosti

- Polymery komoditní- vyrobí se jich milióny tun ročně a cenově patří k nejlevějším (PE, PP, PS, SAN, PVC, ...).
- Polymery konstrukční- vyznačují se lepšími konstrukčními vlastnostmi než polymery skupiny 1 (např.: PA, PC, POM, ABS, PMMA, ...).
- Polymery speciální- vyznačují se malým poklesem mechanických vlastností při teplotách nad 100°C po dlouhou dobu a vysokou odolností vůči vysokým teplotám.(např.: PSU, PPS, PTFE, FEP, PEEK, PI, ...). [1]

1.2.2 Dělení polymerů dle různých charakteristik

Tvar molekul	- lineární, rozvětvené, zesítěné
Nadmolekulární struktura	- amorfní, semikrystalické
Chemie makromolekul	- organické, anorganické
Chování v elekt. poli	- polární, nepolární

1.3 Vlastnosti a použití polymerů v automobilovém průmyslu

1.3.1 Polyolefiny

Polypropylén (PP)

Polypropylen se zpracovává vstřikováním a vyfukováním na menší a duté předměty, vytlačováním na trubky, desky, profily a výtlačným vyfukováním na fólie. Desky a bloky lze lisovat z granulí. Polypropylen vzhledem k jeho mechanickým vlastnostem se využívá na součásti strojů a přístrojů, např. v automobilovém a spotřebním průmyslu (vstřikované dílce přístrojových desek a ventilátorů, nárazníky, součást vysavačů, kuchyňských přístrojů) i na trubky a vodní armatury. Odolnost vůči sterilizačním teplotám umožňuje jeho použití na dílce injekčních stříkaček a jiná zdravotnické techniky. Polypropylen se široce využívá k výrobě mechanicky i chemicky odolných vláken. [x]

Tab. 1. Vlastnosti polypropylénu [4, 6]

Hustota [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]	0,9 – 0,91
Pevnost v tahu [MPa]	22 – 32
Houževnatost [kJm^{-2}]	10 - 15
Tažnost [%]	120 - 700
Navlhavost [%]	0,1

1.3.2 Polystyrenové plasty

Polystyren (PS)

Široké použití našel zejména pěnový polystyren, zvláště ve stavebnictví (tepelné a zvukové izolace) a v obalové technice (např. ochrana přístrojů proti nárazu při manipulaci a dopravě). Menší množství polystyrenu se spotřebuje k výrobě elektrotechnických součástek a polystyrénových nátěrových hmot odolných kyselinám a zásadám. Měkčené polystyrénové fólie, zvláště pak tzv. orientované, úspěšně konkurují polyethylenovým a polyvinylchloridovým, neboť vynikají leskem, průhledností, odolností vůči vodě a elektroizolačními vlastnostmi. [4]

Houževnatý polystyren (hPS)

Nejpoužívanější způsoby zpracování kromě vstřikování jsou vytlačování a vakuové tvarování.

Tab. 2 . Vlastnosti polystyrenu [4, 6]

Polystyren	PS	hPS
Hustota [g.cm ⁻³]	1,05	1,05
Pevnost v tahu [MPa]	38 – 40	30 – 35
Pevnost v ohybu [MPa]	85 – 120	70 – 100
Pevnost v tlaku [MPa]	120	100
Rázová Houževnatost [kJm ⁻²]	16 – 20	25 – 60
min. teplota trvalého použití [°C]	-10	-30
max. teplota trvalého použití [°C]	50	65
Navlhavost [%]	0,1	0,2

Kopolymer styrenu s akrylonitrilem (SAN)

SAN je v porovnání s houževnatými typy polystyrenu tvrdší, lesklejší a transparentnější, ale houževnatostí je nepřevyšuje. Chemicky je však nejodolnější ze všech styrenových plastů. Dobře odolává alifatickým uhlovodíkům a olejům. Dlouhodobě vydrží teplotu 85°C, krátkodobě až 95°C. Jeho nevýhodou, ve srovnání se standardním polystyrenem, jsou horší elektroizolační vlastnosti a žlutavé zbarvení. Značný podíl jeho produkce se používá na výrobky vyztužené skleněnými vlákny. Používá se na technické výrobky, např. kryty projektorů, součásti vnitřního vybavení automobilů apod. [4]

Terpolymer ABS

Je dobře zpracovatelný prakticky všemi běžnými technologickými postupy používanými pro termoplasty, tj. tvářením i tvarováním. Nejvýznamnějšími postupy jsou vstříkování a vytlačování. Existuje řada různých typů s charakteristickou houževnatostí, mechanickými vlastnostmi, chemickou odolností. Tvrdý a lesklý povrch výrobků má atraktivní vzhled a může být snadno galvanicky pokoven. Použití ABS je velmi široké, především ve strojírenství, automobilovém průmyslu, při stavbě lodí, ve stavebnictví, v obalové technice, ve spotřebním průmyslu atd. Zvláště se uplatňují ve formě tzv. kompozitních materiálů, tj. polymerů vyztužených např. skleněnými vlákny, které vykazují další zvýšení mechanických vlastností. [3]

Tab. 3. Vlastnosti SAN a ABS [4, 6]

	SAN	ABS
Hustota [g.cm ⁻³]	1,06 – 1,08	1,03 – 1,06
Pevnost v tahu [MPa]	70 – 80	32 – 50
Houževnatost [kJm ⁻²]	20 – 25	70 – neláme se
Tažnost [%]	5	15 – 30
Navlhavost [%]	0,2 – 0,3	0,2 – 0,45

1.3.3 Polyacetal

Polyoximetylen (POM)

Zpracovává se hlavně vstřikováním a vytlačováním, převážně na technické výrobky. Jsou to např. kloubové čepy řízení, ozubená kola, vačky, tlačítka, kliky dveří automobilů, ložiska pásových dopravníků. Vytlačováním se vyrábějí trubky pro dopravu rozpouštědel a ropy, vyfukováním láhve pro aerosolové balení kosmetických přípravků. Menší význam mají fólie a desky. [4]

Tab. 4. Vlastnosti polyoxymethylenu [4, 6]

Hustota [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]	1,41 – 1,42
Pevnost v tahu [MPa]	62 – 70
Houževnatost [kJm^{-2}]	Neláme se
Tažnost [%]	10 – 25
Navlhavost [%]	0,22 – 0,3

1.3.4 Polyamidy

Vyrábí se několik typů PA, které se navzájem odlišují číslem za zkratkou. Jednotlivé číslice označují počet atomů uhlíku ve strukturní jednotce makromolekuly.

Polyamidy (PA6- Polykaprolaktam)

Patří k osvědčeným konstrukčním plastům. Pro nízký koeficient tření je jedním z nejdůležitějších polymerů na výrobu ložisek schopných pracovat i bez mazání. Ozubená kola vyráběná vstřikováním se používají tam, kde se požaduje tichý chod, např. u měřicích přístrojů. Těsnící manžety se osvědčují u hydraulických zařízení pracujících s vysokými tlaky. Vytlačováním se vyrábějí trubky k rozvodu oleje a pohonných hmot. Konstrukční vlastnosti PA 6 lze zlepšit přidávkou krátkých skleněných vláken v množství od 15 až do 50%. Nejčastěji se používá PA se 30% vláken, jehož pevnost v tahu je asi 130 MPa a modul pružnosti $E=7000$ až 9000 MPa. Jsou to hodnoty odpovídající suchému PA. Skleněné vlákno však zhoršuje houževnatost i ořezuvzdornost, tvarová stálost se však zvyšuje až na 200°C . [3]

Polyamidy (PA 66- Polyhexamethylenadipamid)

Taje při 250°C a proti PA 6 má asi o 20% lepší mechanické vlastnosti. Trvale snáší až 100°C a má menší navlhavost. Vstřikováním se z něj vyrábějí ozubená kola, kluzná uložení a ložiska, kladky, řemenice aj. Vlákna jsou známá pod označením Nylon. [3]

Polyamidy (PA 610)

Je obdobný typ jako PA 66, od něhož se však liší větší rázovou i vrubovou houževnatostí, ale nižší pevností a tuhostí. K jeho přednostem patří větší rozměrová stálost ve vlhkém prostředí, protože přijímá méně vody než PA 66 i PA 6. Používá se na přesné výrobky pracující ve vlhkém prostředí a na součásti v jemné mechanice. [3]

Tab. 5. Vlastnosti polyamidů [4, 6]

	PA6	PA66	PA610
Hustota [g.cm ⁻³]	1,13	1,14	0,11
Modul pružnosti v tahu [MPa]	38 – 40	30 – 35	-
Rázová houževnatost [kJm ⁻²]	16 – 20	25 – 60	> 60
Teplotní odolnost [°C]	140 - 180	170 – 200	210 - 220
Navlhavost [hmot. %]	11	10	4

1.3.5 PolyesteryPolykarbonát (PC)

Polykarbonáty se střední molární hmotností do 30 kg mol⁻¹ se nejčastěji zpracovávají vstřikováním; trubky, tyče a profily se vyrábějí vytlačováním ve šnekových vytlačovacích strojích. Typy se střední molární hmotností kolem 60 kg mol⁻¹ až 70 kg mol⁻¹ jsou vzhledem k vysoké viskozitě jejich taveniny vhodné především pro zpracování z roztoku (v methylenchloridu), zejména na fólie odléváním. Polykarbonáty lze také lisovat, bez problémů třískově obrábět, svařovat horkým vzduchem a lepi. [4]

Tab. 6. Vlastnosti polykrbonatu [4, 6]

Hustota [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]	1,2 – 1,5
Pevnost v tahu [MPa]	55 - 67
Houževnatost [kJm^{-2}]	Neláme se
Tažnost [%]	100 - 130
Navlhavost [%]	0,16

1.3.6 Polyuretany

Polyuretan (PUR)

Tuhé PUR pěny jsou konstrukčním materiálem pro výrobu loketních opěrek v automobilech. Vyrábí se s různou tvrdostí a tuhostí. Vyznačuje se vynikající otěruvzdorností. Trvale odolává teplotám až 80°C. Chemická odolnost špatná. [3]

Tab. 7. Vlastnosti polyuretanů [4, 6]

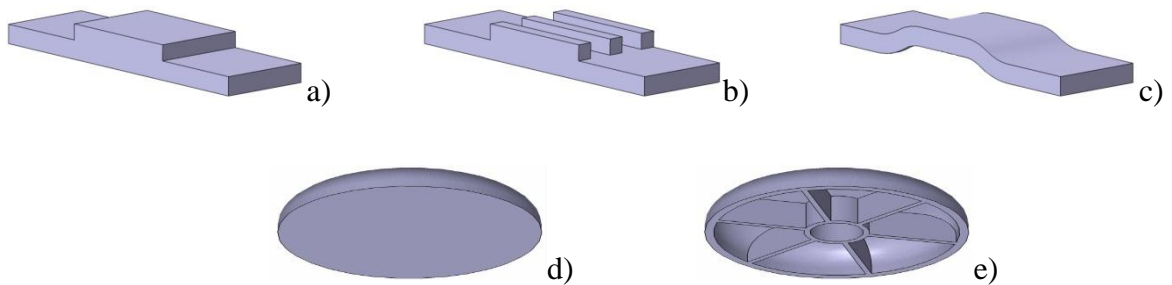
	lineární	licí
Hustota [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]	1,21	1,05
Pevnost v tahu [MPa]	30 – 55	70 – 80
Houževnatost [kJm^{-2}]	Neláme se	Neláme se
Tažnost [%]	350 – 600	3 - 6
Navlhavost [%]	0,1 – 0,2	0,1 – 0,2

2 ZÁSADY NAVRHOVÁNÍ POLYMERNÍCH VÝROBKŮ

Vzhled a provedení výstřiku jsou závislé nejen na jeho budoucím použití, ale i na způsobu přípravy. Velký význam zde má druh použitého plastu, typ vstřikovacího stroje a konstrukční možnosti formy. [3]

2.1.1 Tloušťka stěny

Měla by být pokud možno stejná a nepříliš silná. Nahromadění materiálu popř. náhlé přechody v tloušťce stěny narušují tok taveniny a vyvolávají deformace a propadliny ve výstřiku.

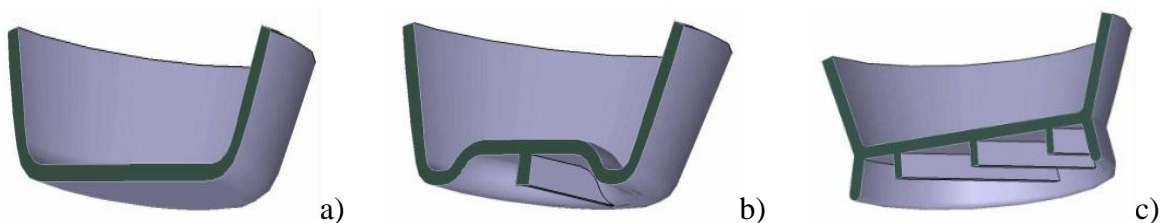


Obr. 2. Příklad konstrukce stěny:

a), d) - nevhodná konstrukce ... b), c), e) - vhodná konstrukce

2.1.2 Propady rovinných ploch

Zcela rovinné plochy se většinou deformují, proto je vhodnější navrhovat je žebrované, popř. mírně prohnuté nebo členěné.



Obr. 3. Příklad konstrukce rovinných ploch

a) - nevhodná konstrukce ... b), c) - vhodná konstrukce

2.1.3 Úkosy

Pro snadné vyjmutí výstřiků z formy je vhodné, aby jejich stěny, otvory, žebra, nálitky, výstupky měly úkos. [10]

Tab. 8: Doporučené hodnoty úkosu [10]

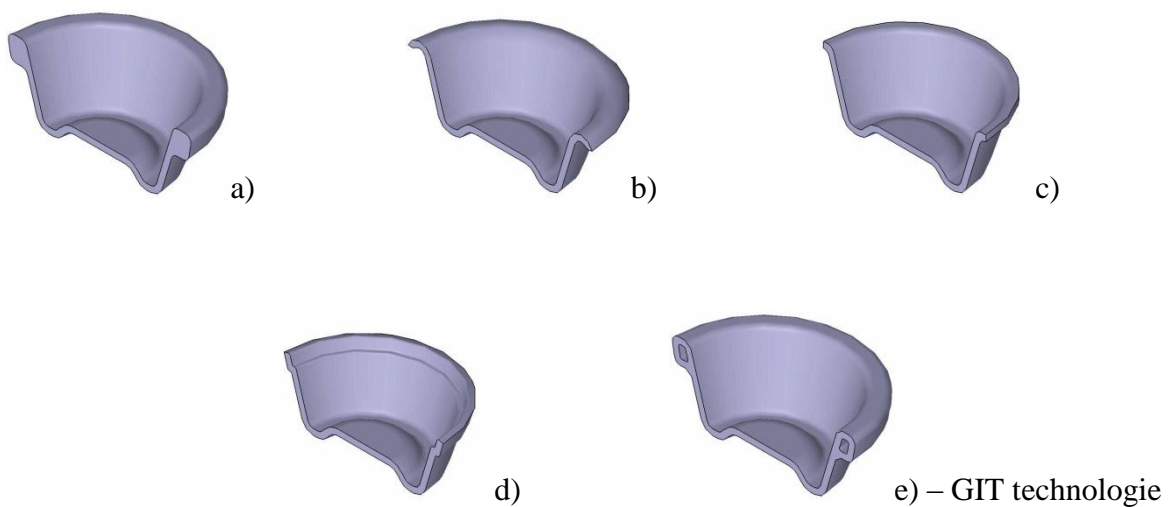
úkos	velikost
vnější plocha	30` - 2° (1°)
vnitřní plocha	30` - 3° (2°)
otvory do hloubky 2D	30` - 1° (45`)
hluboké otvory	1° - 10°
žebra, nálitky	1° - 10° (3°)
výstupky	2° - 10°

2.1.4 Nezaoblené hrany

Při návrhu výstřiku je nutné vyvarovat se oblastem s ostrými vnějšími a vnitřními hranami, protože vyžadují větší vstřikovací tlaky a zhoršují tok taveniny. Navíc se v těchto oblastech koncentruje napětí, které způsobuje deformace výstřiků.

2.1.5 Okrajové lemy

K zvýšení tuhosti a k zabránění zvlnění okrajů je vhodné výrobek opatřit vhodnými lemy:

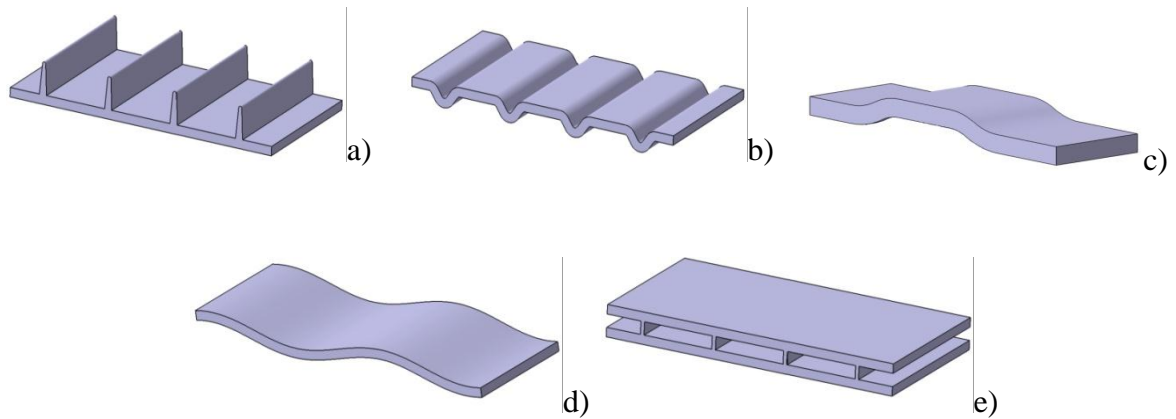


Obr. 4. Příklad konstrukce okrajových lemů

a)- nevhodná konstrukce ... b), c), d), e)- vhodná konstrukce

2.1.6 Vyztužování výstřiku

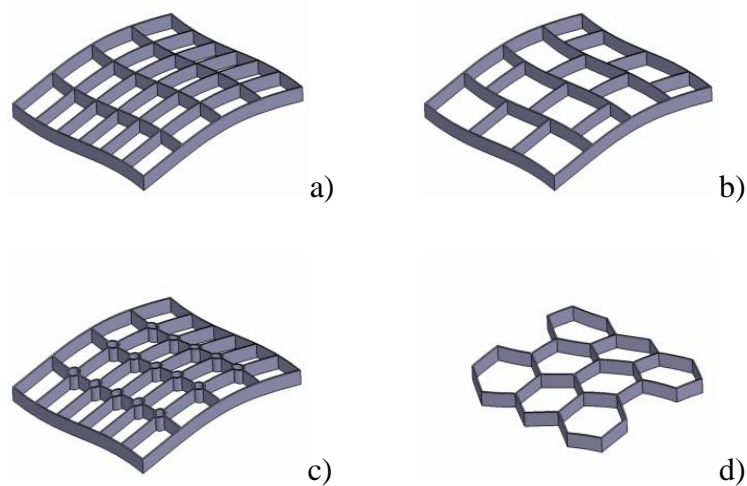
Tuhost v ohybu tenkostěnných výstřiků lze bez navýšení tloušťky materiálu zvýšit prostorovým tvarováním.



Obr. 5. Příklad vyztužování výstřiku

a) žebrování, b) žlabkování, c) výstupky, d) zvlnění, e) přepážky

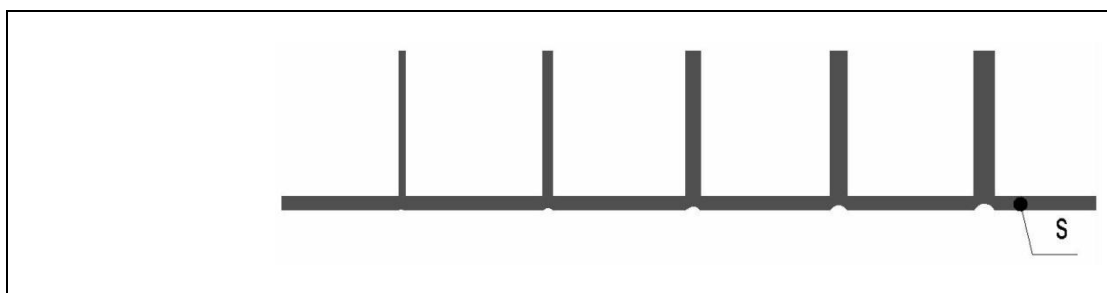
- Žebrováním- by mělo být tenčí než stěny a nemá přesáhnout 0,75 tloušťky stěny výstřiku, čímž se zabrání vzniku propadlých míst na stěně proti žebru, tvorby lunek a bublin.



Obr. 6. Příklady konstrukce žebrování

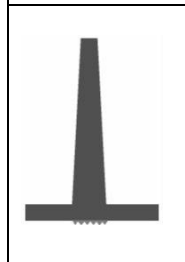
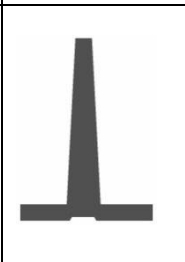
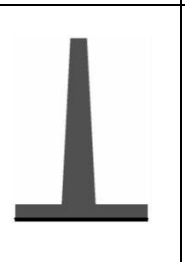
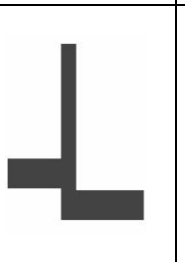
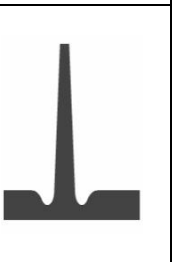
a)- nevhodná konstrukce ... b), c), d)- vhodná konstrukce

Tab. 9: Vliv tloušťky žebra na hloubku propadu stěny [7, 8]



Tloušťka žebra	0,5s	0,75s	1s	1,25s	1,5s
Propadlina v μm	1,0	1,0	2,0	6,5	7,0

Tab. 10: Příklad optického zlepšení [7, 8]

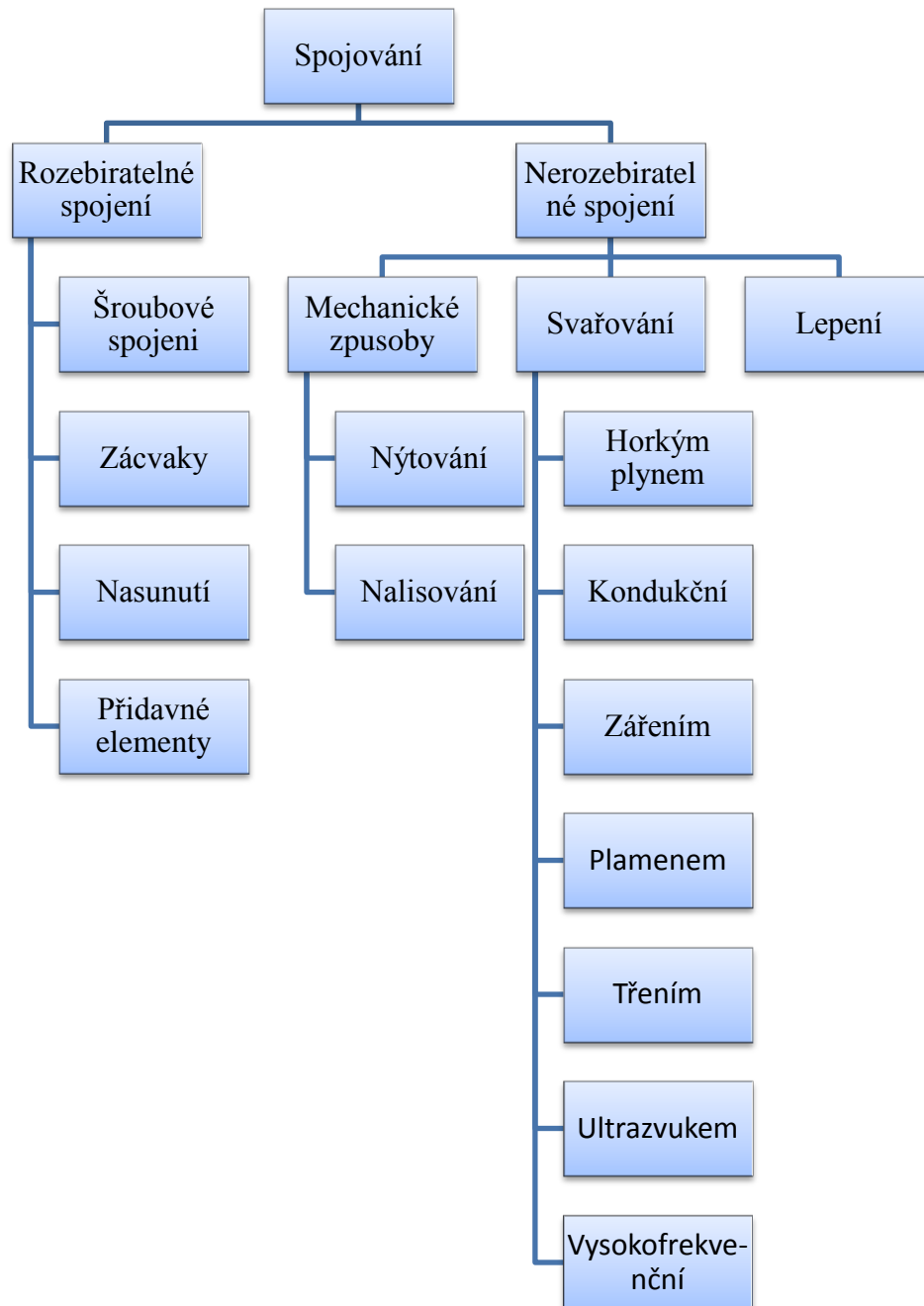
Výstupek	Drážka	Desén	Přesazení	Odlehčení
				

2.1.7 Cena výchozího polymeru

Výsledná cena součásti závisí vedle ceny výchozího materiálu také na snadnosti jeho zpracování do požadovaného tvaru, a na ceně nástroje i výrobního zařízení. Avšak cena materiálu obvykle představuje první kritérium, podle něhož se konstruktér součásti orientuje. K nejlevnějším plastům patří běžné termoplasty bez plniv a reaktoplasty s levnými plnivy. Ty se také dají snadno tvářet. Vyztužené plasty se skleněnými a zejména uhlíkovými vlákny jsou dražší a rovněž jejich zpracování bývá nákladnější. Nejdražší jsou speciální plasty s mimořádnými vlastnostmi, např. s vysokou rázovou houževnatostí. Cenu výrobku ovšem ovlivňuje i složitost součásti, protože ovlivňuje cenu formy a také náklady na zpracování se zpravidla zvyšují. [3]

3 SPOJOVÁNÍ POLYMERNÍCH DÍLŮ

V praxi se často vyskytne požadavek dodatečného spojení součástí z plastů ať již mezi sebou navzájem nebo z jiných materiálů. Při volbě metody je nutno respektovat vlastnosti jednotlivých druhů plastů, protože některé termoplasty nelze bez předběžné úpravy povrchu lepit, reaktoplasty se nedají svařovat a měkké plasty se obtížně spojují mechanicky. [3]



Obr. 7. Rozdělení spojování polymerních dílů

3.1 Porovnání způsobů spojení polymerů

Tab. 11. Porovnání způsobů spojení polymerů [11]

Vlastnosti spojení Způsob spojení	Mechanické zátíže- ní	Tepelné zátížení	Těsnost	Rozebiratelnost	
Šroubové spojení	+	+	+/0	+	+ vysoké/ ano
Nalisování	-	-	0	+	0 střední/ podmíněné
Zácvaky	+/-	0	-	+/-	- nízké/ ne
Nýtování	+	+	-	-	x závislé na přípravě a materiálu
Ultrazvukové svařování	+	+	+	-	
Vibrační svařování	+	+	+	-	
Svařování třením	+	+	+	-	
Svařování top. tělesem	+	+	+	-	
Lepení	x	x	+	-	

3.2 Svařování

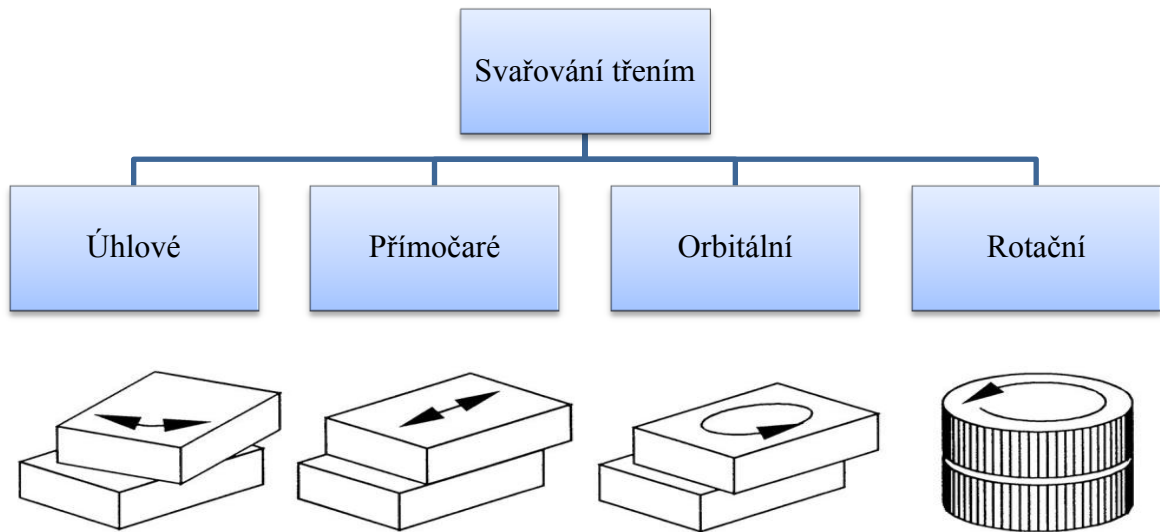
Svařováním se rozumí pochod, při kterém vzniká nerozebíratelný spoj dvou nebo více dílů za úplného nebo částečného zaniknutí povrchového rozhraní. Spoj se vytváří při styku teplem aktivovaných povrchů za pomoci tlaku. Pro vytvoření pevného spoje je rozhodující těsný kontakt povrchů, kdy se makromolekuly musí přiblížit na takovou vzdálenost, aby se mohly projevit mezimolekulové síly. Pro rychlý nárůst pevnosti svaru je důležité vzájemné mísení mikroobjemů povrchových vrstev. Proto je svařování podmíněno

schopností materiálu přejít do tekutého stavu; tato tavitelnost společně s technologickými vlastnostmi vzniklé taveniny (označovaná jako svařitelnost) určuje snadnost vzniku a kvalitu svaru. Teplo potřebné k ohřátí spojovaných povrchů může být předáno buď přímo nosiči tepla, např. kontaktem s ohřátým povrchem (kondukční svařování), horkým plynem či roztaveným přídavným materiálem (extruzní svařování), anebo přeměnou jiných druhů energie na teplo, např. přeměnou mechanické energie (svařování třením, ultrazvukem), elektrické energie (vysokofrekvenční svařování). Vlastní provedení se může lišit sledem operací: při jednom postupu jsou svařované povrchy nejprve uvedeny v úplný kontakt a teprve potom zahřívány, jindy jsou povrchy nejprve ohřátý a potom spojeny. Je možná i třetí varianta, kdy kontakt a ohřev probíhají současně (svařování třením). [5]

Tab. 12. Svařitelnost vybraných polymerů [11]

	Ultrazvukové- kontaktní/přenosové	Topné těleso	Zářením	Rotační	Vibrační	Klasifikace svařitelnosti: 1 velmi dobrá 2 dobrá 3 podmíněná - není možné
PS	1/1	1-2	3	1-2	2	
PC	2/2	2-3	2	1-2	2	
PP	3/4	1-2	3	2	2	
POM	2/2	1-2	2	2	2	
PA6/66	2/2	3-4	2-3	1-2	1-2	
ABS	1/1	1-2	3	1-2	2	
PC/ ABS	2-3/3	2-3	3	2	2	
PP/ EPDM	3/3-4	2-3	2-3	2	2	

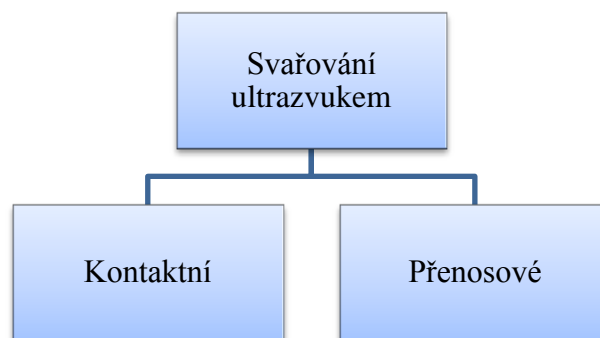
3.2.1 Svařování třením



Obr. 8. Rozdělení svařování třením

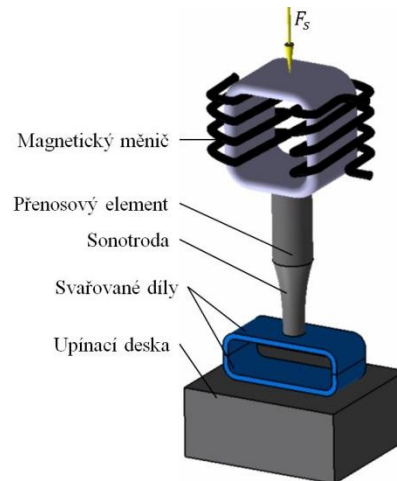
Teplo potřebné k roztavení plastu se získává třením vzájemně se dotýkajících ploch. Pohyb může být otáčivý, což je nejčastější případ, nebo kývavý. Svařování třením je způsob zvláště vhodný pro svařování rotačně souměrných dílů, u nichž se dá s výhodou použít soustruhu nebo vrtačky. Během ohřívání se otáčí pouze jeden díl, zatímco druhý je pevně uchycen. Po natavení dotýkajících se ploch se nehybný díl uvolní a tlakem se díly svaří. [10]

3.2.2 Svařování ultrazvukem

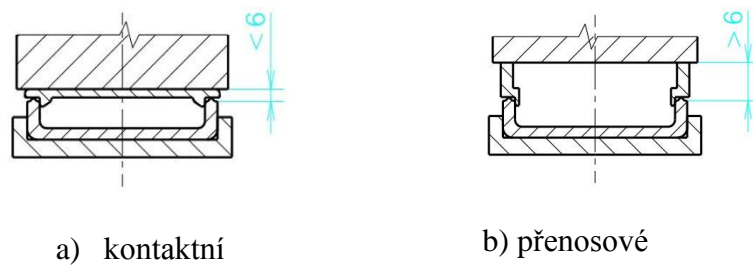


Obr. 9. Rozdělení svařování ultrazvukem

Při svařování ultrazvukem se svařované plochy ohřívají teplem, které vzniká přeměnou mechanické energie kmitavého pohybu, jehož zdrojem je ultrazvukový generátor. [3]



Obr. 10. Schéma ultrazvukového svařování [3]



a) kontaktní

b) přenosové

Obr. 11. Rozdíly ultrazvukového svařování [7]

3.2.3 Dielektrické (vysokofrekvenční) svařování

Je založeno na ohřevu plastu teplem vznikajícím uvnitř hmoty v důsledku dielektrických ztrát, k nimž dochází při průchodu elektrického proudu o vysoké frekvenci svařovaným materiálem, který tvoří dielektrikum mezi dvěma elektrodami. Svařování probíhá obvykle mezi mosaznými elektrodami. Tvar elektrod lze přizpůsobit svařovanému předmětu, takže v jediné operaci, trvající i zlomek sekundy, je možno kompletně svařit i tvarově členité a velké výrobky. [5]

3.2.4 Kondukční svařování

Umožňuje dosáhnout kvalitní spoje při vysokém výkonu. Svařované díly se ohřívají v místě budoucího svaru přímým dotykem s vytápěným tělesem a po roztavení povrchu se mírným přitlačením vytvoří svar. Svary téměř neobsahují vnitřní pnutí, a protože i nebezpečí oxidace plastu je minimální, dosahuje se vysoké pevnosti. Podmínkou je dokonalá příprava povrchu, jehož plochy musí být rovné a rovnoběžné. Svařovací tělesa se nejčastěji vyhřívají elektricky, méně plynem. Mohou mít tvar desky nebo šablony přizpůsobené tvaru

svařovaných dílců. Na povrchu jsou opatřeny teflonovou vrstvou, aby se zabránilo nalepování svařovaného plastu na těleso. [3]

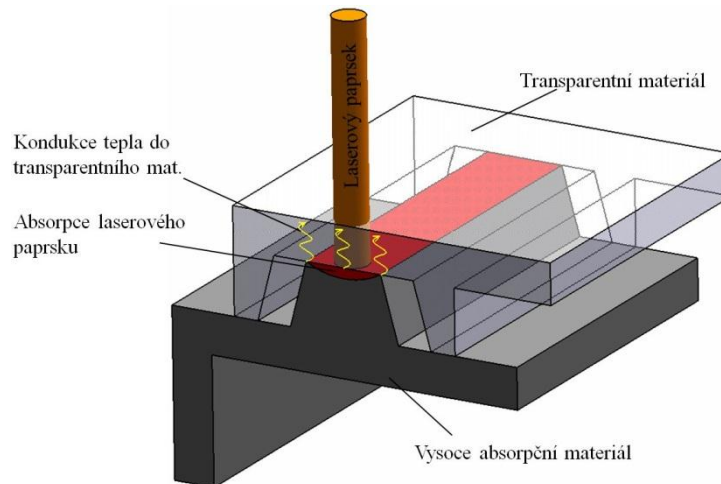
3.2.5 Svařování zářením



Obr. 12. Rozdělení svařování zářením

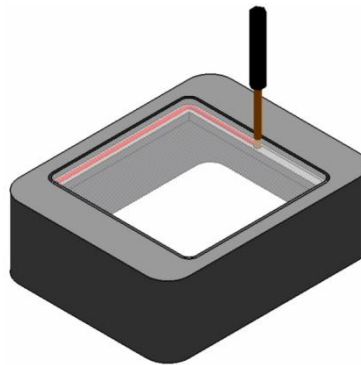
Radiální - plasty se ohřívají sálavým teplem z vytápěného tělesa, nazývaném zrcadlo. Způsob se podobá kondukčnímu s tím rozdílem, že svařované materiály nejsou v bezprostředním styku s vyhříváním tělesem, což zvyšuje nebezpečí oxidace a zhoršení pevnosti svaru. [3]

Laserem - laserový paprsek pronikne transparentním materiálem, kde dopadne na absorpční materiál. Nato se oba materiály začnou plastikovat. Po vychladnutí je proces uzavřen. Ohřevu spojovaných povrchů se dosahuje přeměnou energie záření na teplo. Zvláštností je koncentrace značného množství energie v tenkém paprsku, jehož průměr v místě zaostření dosahuje pouze desetin milimetru. Je možné svařovat téměř jakoukoliv geometrii podle použité technologie. Používá se k svařování světel automobilů, nádrží provozních kapalin automobilů, multifunkčních displejů palubních desek apod. [5]



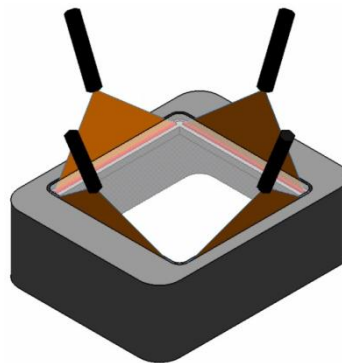
Obr. 13. Princip laserového svařování [11]

- a) Obrysově - laserový paprsek mnohonásobně opisuje kontury budoucího svaru.



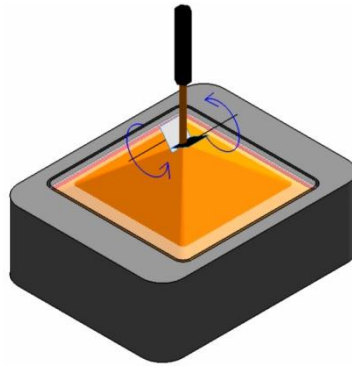
Obr. 14. Laserové svařování – obrysově [10]

- b) Souběžné - používá se více laserových paprsků najednou.

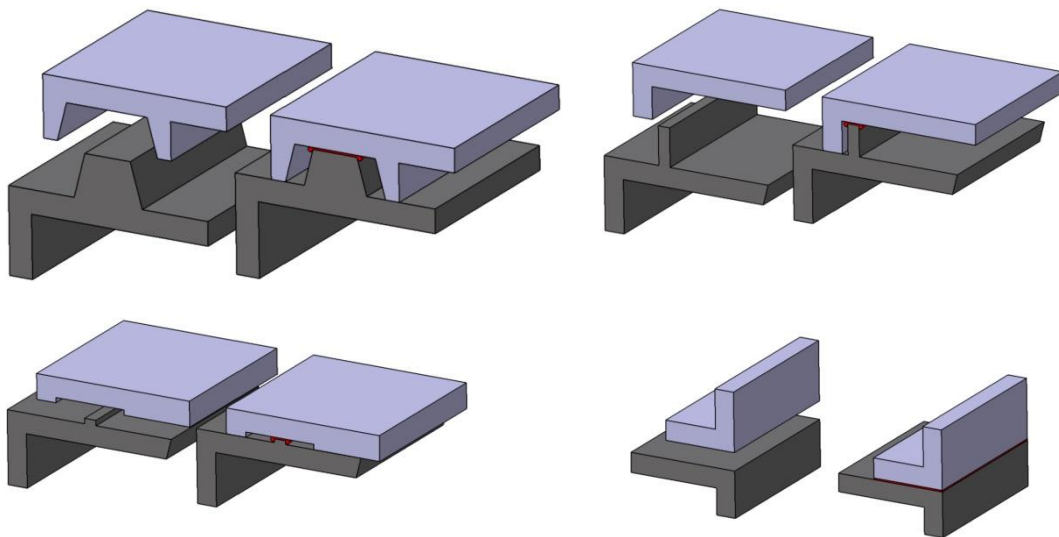


Obr. 15. Laserové svařování - souběžné [10]

- c) Kvazi- souběžné - laserový paprsek je směřován na svařovanou plochu pomocí rychle pohybujících se zrcadel, kdy svařována plocha je zahřata v celé části najednou.



Obr. 16. Laserové svařování - kvazi-souběžné [10]



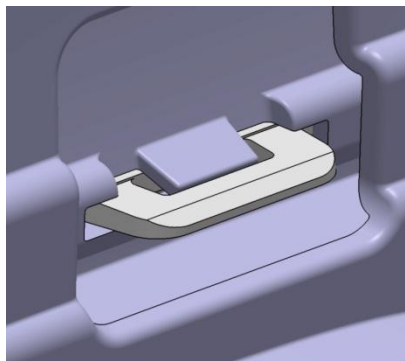
Obr. 17. Příklady laserového svařování [11]

3.3 Nýtování

Nýtování slouží ke spojování často různých druhů materiálu, zejména když nelze použít ani lepení ani svařování. Nýty bývají z kovu i z plastu. U výstřiků z termoplastů se dřík nýtu většinou vyrobí přímo vstřikováním. Závěrná hlava se někdy vytváří za studena, zpravidla však za tepla. K vytvoření hlavy lze s výhodou použít ultrazvuku. Jsou-li nýty kovové, bývají duté, protože plné po roznýtování vyvolávají v plastovém dílu pnutí vedoucí často k prasknutí. Při spojování součástí z kovu a z plastu se závěrná hlava vytváří vždy na straně kovu. Mezi okrajem otvoru a nejbližší hranou dílce musí zůstat celistvý materiál o šířce rovnající se alespoň průměru otvoru. [3]

3.4 Spojení pomocí západek (klipů)

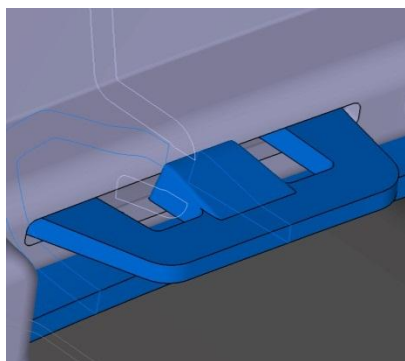
K přednostem západkového spojení patří, že nevyžaduje žádné spojovací prvky (šrouby apod.), vlastní montáž se provede pouhým sesazením obou dílců, takže je velmi rychlá. Západky i odpovídající otvory se zhotoví vstřikováním. Také demontáž je snadná, pokud lze západky stlačit. [3]



a)



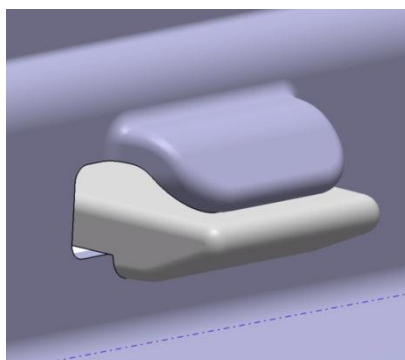
b)



c)



d)



e)



f)

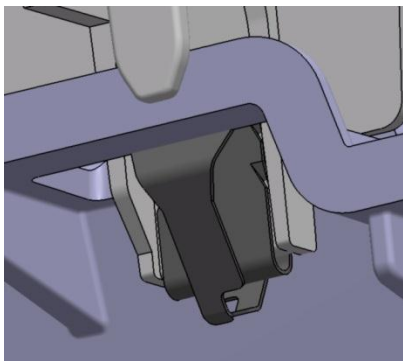
Obr. 18. Příklady spojení pomocí západek

a), c), e) - Catia V5 model ... b), d), e) - Skutečný model

3.5 Nalisování

Nalisování se používá ke spojování pouzder, např. kluzných ložisek, vodících kladek či ozubených kol s kovovým hřídelem. Spojení je založeno na využití pružnosti a houževnatosti plastů. [3]

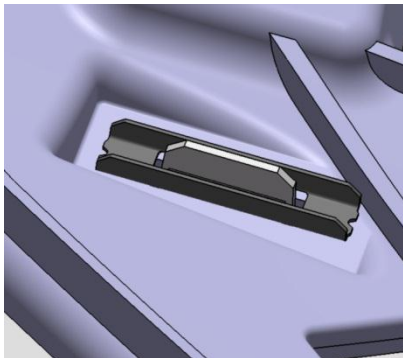
3.6 Pomocí přídavných elementů



a)



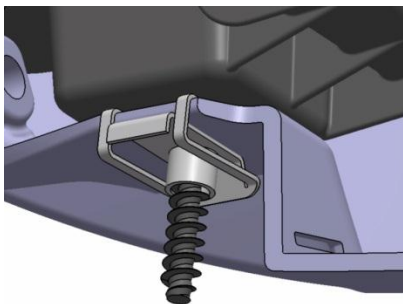
b)



c)



d)



e)

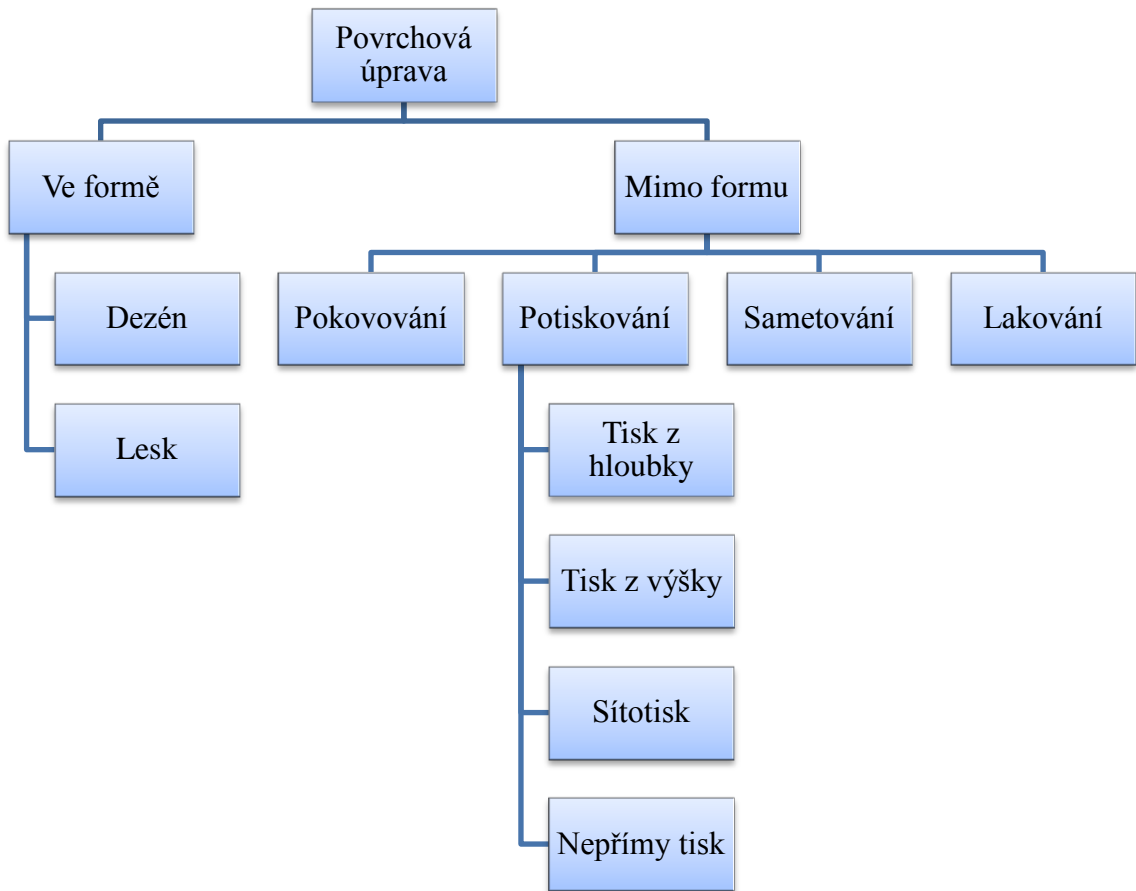


f)

Obr. 19. Ukázky spojení pomocí přídavných elementů

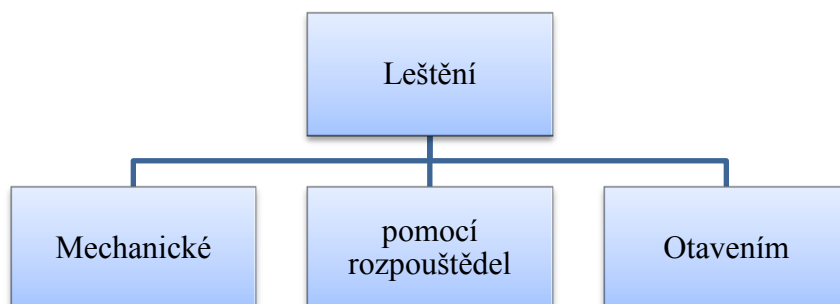
a), c), e) - Catia V5 model ... b), d), f) - Skutečný model

4 POVRCHOVÁ ÚPRAVA



Obr. 20. Rozdělení povrchové úpravy

4.1 Leštění



Obr. 21. Rozdělení leštění

Leštění je opak dezénování. Jeho cílem je odstranění nerovností po předchozích operacích a zlepšení vzhledu výrobku vytvořením hladkého povrchu. Dokonalý povrch je požadován i před úpravami, které zvýrazní každou nedokonalost povrchu (jako např. pokovování). [5]

4.2 Dezénování

Dezénování je vytvoření prostorového vzoru na povrchu výrobku. Plastický reliéf na povrchu lze vytvořit mechanickým nebo chemickým způsobem. [5]

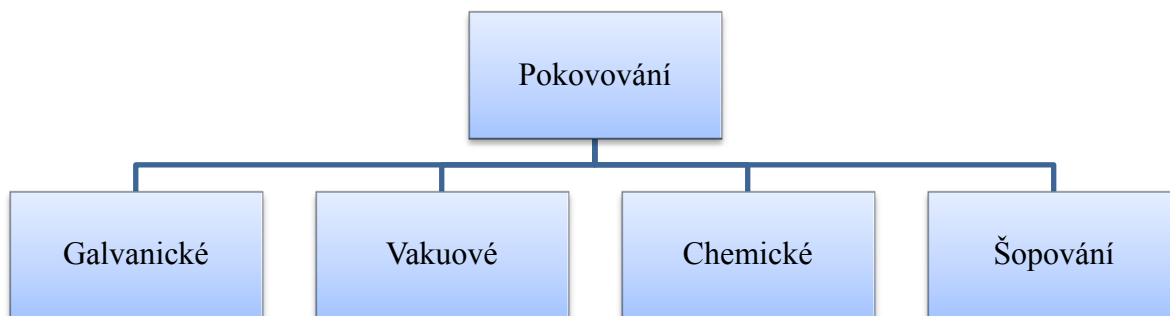
Tab. 13 Závislost hloubky dezénu na úhlu odformování [10]

Hloubka dezénu	Úhel odformování
od 0,025 do 0,04	2°
do 0,05	3°
do 0,07	4°
do 0,09	5°
do 0,11	6°
do 0,13	7°
nad 0,13	10°

4.3 Lakování

Lakování je nanášení tenkého povlaku nátěrové hmoty na povrch předmětů. Nátěrovou hmotou se rozumí jakákoliv při teplotě použití tekutá nebo polotekutá hmota používaná k povrchové úpravě. Tato hmota po nanesení v tenké vrstvě vytváří zatuhnutím pevnou souvislou vrstvu - tzv. film. Hotový ucelený povlak vzniklý nanesením a zatuhnutím obvykle několika nátěrových vrstev se nazývá nátěr. Provádí se z dekorativních i funkčních důvodů. Zakrývají se defekty a brání degradaci. Bývá ekonomičtější, než barvení polymeru. [3]

4.4 Pokovování



Obr. 22. Rozdělení pokovování

Pokovováním lze dosáhnout nejen kovového vzhledu, ale také změnou řady vlastností:

- zvětší se tažnost, rázová houževnatý, pevnost v ohybu, odolnost proti opotřebení (hlavně při použití niklu, tvrdého chrómu nebo slitiny Ni-Co)
- zmenší se navlhavost a propustnost pro kapaliny a plyny, zvětší se odolnost proti rozpouštědlům a olejům
- významně se zabrání přirozenému stárnutí plastu
- lepší tepelná tvarová stabilita;
- elektrický vodivý povrch zabraňuje tvorbě statické elektřiny
- pokovené plasty jsou lehčí a méně nákladné na výrobu než stejné kovové díly [5]

Galvanické pokovování - princip spočívá ve vyloučení kovu z roztoku účinkem stejnosměrného elektrického proudu. Nutností je elektrická vodivost pokovovaného předmětu, které se v případě výrobků z plastů dociluje vytvořením základní vodivé vrstvy (obvykle z Cu nebo Ag) na povrchu chemickým redukčním pokovením. Dosažitelná tloušťka kovové vrstvy není při galvanickém způsobu omezena, vrstva se může skládat i z několika vrstev různých kovů nanesených postupně. Nejčastěji se pokovují výrobky z ABS. Samotné provedení galvanického pokovení je analogické pokovování kovů.

Ve vakuu - např. automobilové reflektory. [5]

5 ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI

Teoretická část byla rozdělena na čtyři kapitoly. První kapitola popisuje vlastnosti a použití nejčastěji používaných polymerů v automobilovém průmyslu. Druhá kapitola se věnuje zásadám navrhování polymerních výrobků, kterými by se měl řídit konstruktér při návrhu dílu. Třetí kapitola se věnuje spojování polymerních výrobků a to svařování, nýtování, spojení pomocí západek, nalisování a pomocí přídatných elementů. Čtvrtá kapitola se věnuje povrchové úpravě jako je leštění, dezénování, lakování a pokovování.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem bakalářské práce je vypracovat virtuální prototyp odkládacího stolku pro tablet, tis-kopisy a psací potřeby do automobilového interiéru v místě spolujezdce.

Postup práce:

- Popis výrobku, včetně požadavků na výrobek
- Designový návrh výrobku
- Digitalizace prostoru pro umístění výrobku pomocí reverzního inženýrství
- Návrh profilu – výpočet zatížení
- Virtuální 3D sestava výrobku
- Mechanická analýza výrobku

7 POUŽITÝ SOFTWARE

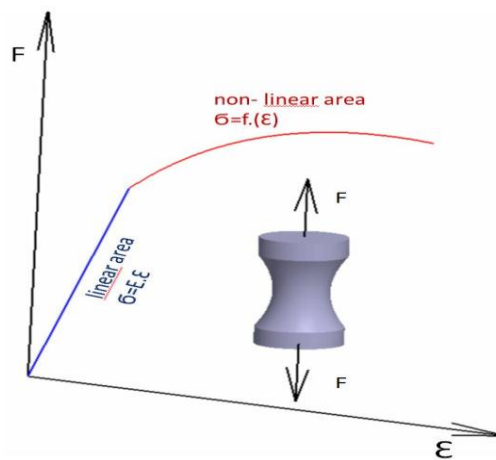
V průběhu práce byly využity tyto softwary.

7.1 Catia V5 Release 19

Catia V5 zahrnuje vývoj celého výrobku v digitální podobě a integruje všechny fáze životního cyklu od zadání koncepce produktu, vývoje, konstrukce (CAD), analýzu (CAD), výrobu (CAM). Řešení podporuje skutečnou spolupráci na technických úkolech v rámci všech oborů, včetně stylu a návrhu forem, mechanického návrhu, digitální tvorby modelů, strojového obrábění, analýzy a simulací.

7.2 Abaqus/ CAE 6.10

Abaqus je určen pro statické a dynamické analýzy, kde se využívá nelineárních vlastností materiálu včetně plasticity a hyperelasticity, geometrických nelinearit – analýza velkých deformací a přetvoření (Obr. 23), velkých posuvů a rotací, analýz vlastních frekvencí i v závislosti na předpětí. Program pracuje i s nelineárními okrajovými podmínkami.



Obr. 23. Nelineární vlastnosti

7.3 VElements- modul VXscan

Aplikace VElements je určena pro digitalizaci a zpracování dat nasnímaných zařízením EXAscan. V aplikaci VXScan se nastavují parametry snímání, optimalizace laseru pro určitou barvu a snímání dané části modelu. Výslednou síť lze exportovat ve formátu STL nebo ve formátu IGS.

8 KONSTRUKČNÍ NÁVRH VÝROBKU

Konstrukční návrh výrobku je rozdělen na několik na sebe navazujících oblastí.

8.1 Technický popis výrobku

Sestava odkládacího stolku má sloužit k odložení tabletu, pracovních a osobních složek řidiče, nejčastěji obchodního zástupce. Tito lidé cestují sami a své pracovní pomůcky často odkládají volně na sedadlo spolujezdce. Cílem výrobku je možnost bezpečného odložení věcí potřebných k výkonu povolání. Odkládací stůl by měl být ukotven na středové konzoli v oblasti spolujezdce. Manipulace se sestavou stolku by měla být jednoduchá. Sestava musí vykazovat tuhost a stabilitu, aby neohrožovala svou přítomností řidiče. Zástavbová poloha musí splňovat ergonomické standardy. Při všech provozních režimech vozu musí sestava zajistit bezpečné uložení věcí řidiče. Sestava stolku nesmí obtěžovat vrzáním, kmitáním a nesmí svou přítomností odvádět pozornost řidiče od řízení. Celá sestava musí být navržena nejen s ohledem na funkčnost, ale i design, protože všechny části sestavy stolku jsou pohledové díly.

Sestava stolku bude kontrolována na statickou únosnost. Všechny výpočty budou simulovány v systému Abaqus/CAE 6.10 a počítány jako ideálně elastické. Při výpočtech budou zadány tyto okrajové podmínky:

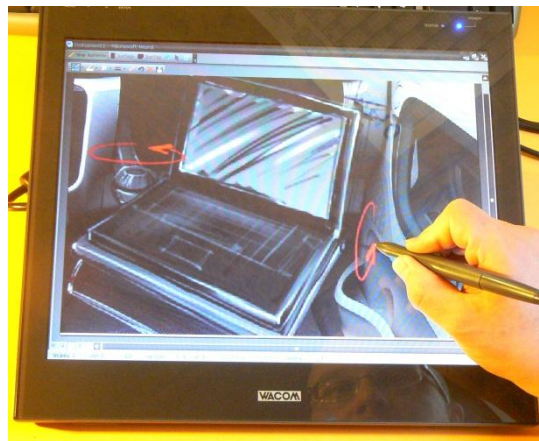
- Maximální zatížení sestavy stolku o velikosti 150 N působící v těžišti odkládací desky ve svislém směru.
- Maximální průhyb stolku (pružná deformace) o velikosti 50 mm ve svislém směru od těžiště odkládacího prostoru.

8.2 Designový návrh

Designový návrh vychází z požadavků na výrobek definovaných v předchozí kapitole. Samotný návrh odkládacího stolku byl umístěn do interiéru automobilu Škoda Fabia druhé generace (Obr. 24). Tento automobil byl vybrán s ohledem na jeho časté využití obchodními zástupci a dostupnost. Designová skica byla vytvořena pomocí Interactive Pen Display Wacom DTF- 521 (Obr. 25).



Obr.24. Designový návrh



Obr. 25 Interactive Pen Display

8.3 Digitalizace prostoru pomocí reverzního inženýrství

Jelikož nebyly k dispozici reálné 3D data automobilového interiéru, tak byla tato data získána pomocí metody: Reverzní inženýrství, tedy rekonstrukce technických ploch A nebo B kvality. K digitalizaci dat byl použit přístroj HandyScan 3D – EXAscan (Obr. 26) a software VXelements. Technické parametry použitého skeneru jsou uvedeny v příloze P I.

HandyScan 3D je laserový skener, který se vyznačuje vysokým rozlišením a přesností. Tento skener umožňuje během snímání vzájemný pohyb tělesa a skeneru. HandyScan 3D identifikuje referenční značky na tělese nebo podložce a pomocí dvou nebo tří kamer sní-

má laserový kříž na tělese. V průběhu skenování je připojen k počítači, kde se v reálném čase zobrazuje obraz snímaného tělesa a zároveň se automaticky generuje polygonová síť. [13]

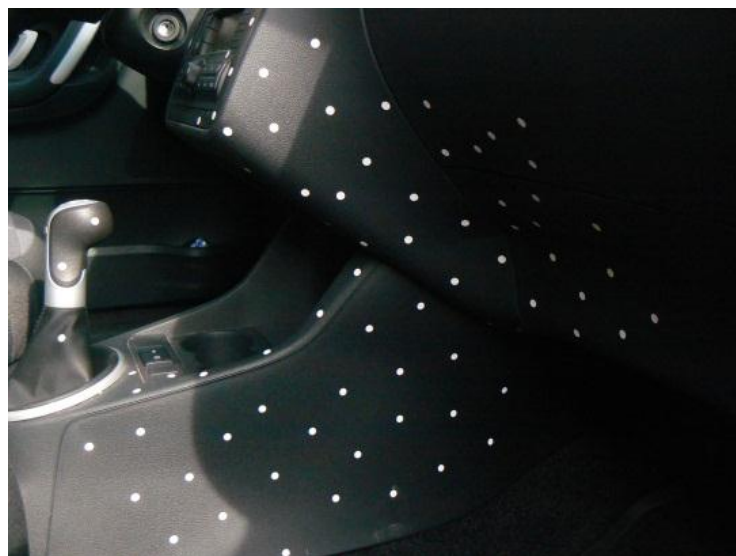


Obr. 26 HandyScan 3D- EXAscan

8.3.1 Průběh digitalizace a úprava dat

Vytvoření referenčních bodů pro skenování povrchu automobilového interiéru:

Referenční body slouží k určení vzájemné polohy skeneru a snímaného tělesa. Body jsou zhotoveny z reflexního materiálu o průměru 6 mm. Tyto body se náhodně nalepují na snímaný předmět ve vzdálenosti 3 cm až 8 cm od sebe (Obr. 27).



Obr.27. Skenovaná oblast s referenční body

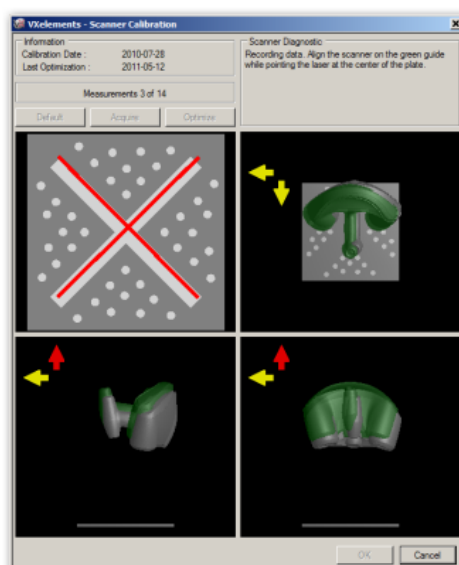
Toto náhodné umístění bodů nám zaručuje jedinečné určení polohy skeneru a snímaného tělesa. Pro naskenování dané oblasti je potřeba, aby skenovací zařízení bylo schopno rozpoznat minimálně tři body. V našem případě byly všechny tyto podmínky splněny.

Kalibrace skenovacího zařízení HandyScan 3D – EXAscan:

Kalibrace skenovacího zařízení se provádí pomocí kalibrační desky (Obr. 28) a softwaru VXelements v modulu VXscan (Obr. 29). Zde se mimo jiné nastavují také parametry snímání a optimalizace pro určitou barvu.



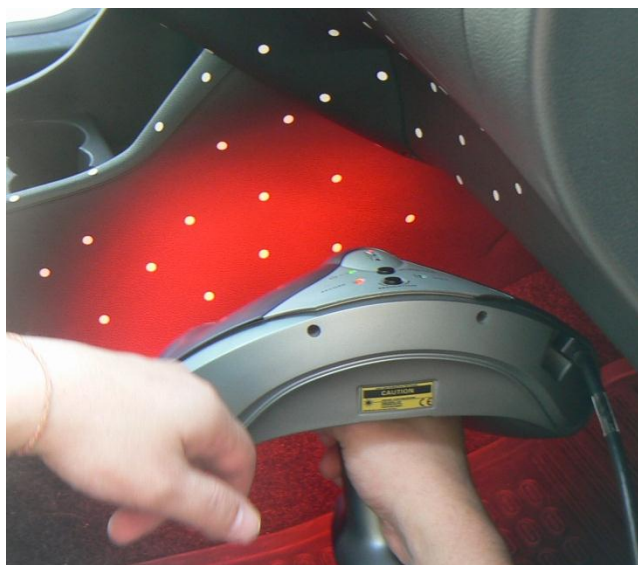
Obr. 28. Kalibrace HandyScan 3D – EXAscan



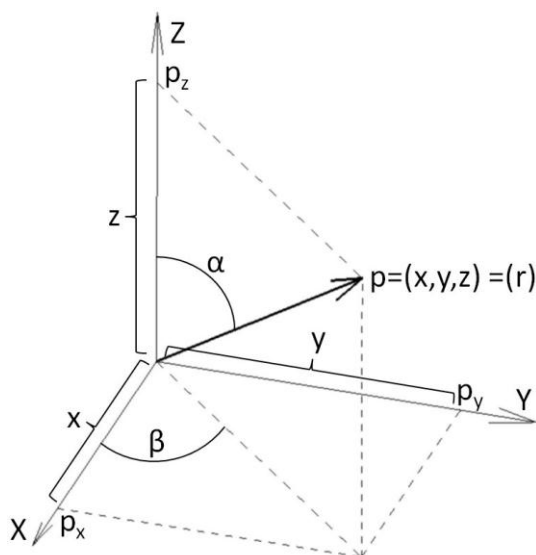
Obr. 29. Kalibrační software – modul VXscan

Průběh skenování povrchu automobilového interiéru:

EXAscan vysílá laserový paprsek měřící vzdálenost (Obr. 30), kterou urazí směrem k měřenému povrchu, kdy vertikální a horizontální úhel je definován skenerem a pomocí prostorové polární metody (Obr. 31) jsou vypočteny 3D souřadnice každého bodu. Vzdálenost skeneru od měřeného povrchu se měla pohybovat okolo 300 mm, aby skener mohl identifikovat referenční body pro okamžité určení polohy vůči měřenému povrchu. Tam kde nešla dodržet vzdálenost 300 mm se musela zahustit síť referenčních bodů.



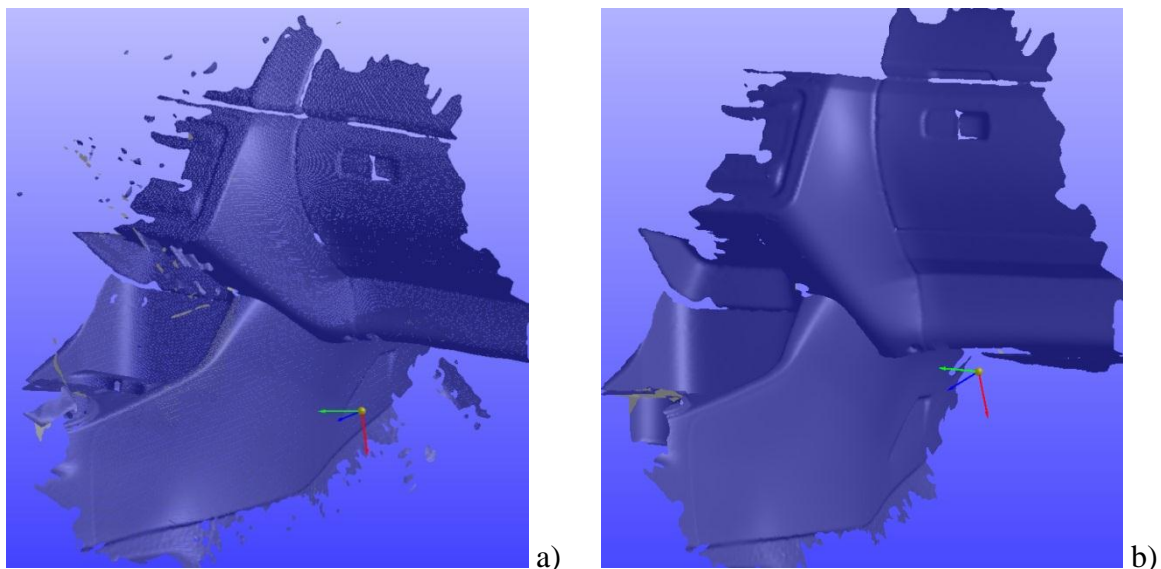
Obr. 30 Skenování povrchu interiéru



Obr. 31 Polární metoda skenování

Digitalizace – práce s naskenovanými daty:

Z naskenovaných dat byla získána polygonová síť, ze které byl v programu EXAscan automaticky vygenerován tzv. mrak bodů nebo také surová data (Raw data). Tato data se při vizualizaci chovají jako celistvá plocha. Naskenovaná data obsahují nemalé množství přebytečných elementů, malých otvorů a chyb. Proto bylo nutné získaná data očistit. Čištění se provádí pomocí automatické funkce po nastavení parametrů čištění v programu EXAscan, Výsledek je vidět na obrázku (Obr. 32).



Obr. 32. Mrak bodů

a) nevyčištěný model, b) vyčištěný model

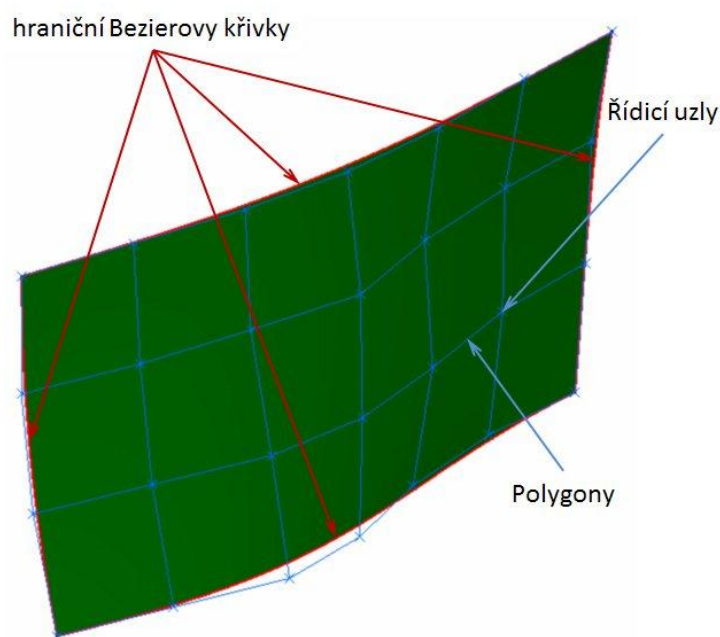
Úprava naskenovaného modelu:

Naskenovaná a očištěná data byla v programu VXscan uložena do formátu univerzálního přenosového souboru – do formátu STL. V tomto formátu byla převedena a dále zpracována v programu Catia V5R19.

Převedením dat ve formátu STL do Catia modulu DSE (Digitized Shape Editor) však tato data stále neodpovídala reálnému modelu a nebyla použitelná pro eventuální výrobu. Tzn., že data neodpovídala kvalitou ploch, nebylo možné na nich provést konstrukce, ani definovat tolerance atd. Pro tento účel v programu Catia existuje jiný modul, do kterého bylo nutné se přepnout. Přepnutím do modulu Automotive Class A bylo možné v místech hranic přechodu z jedné křivosti do druhé vymodelovat tzv. Bezierovy křivky.

Bezierovy křivky patří mezi aproximační křivky. To znamená, že křivka nemusí procházet řídicími body, ale kopíruje tvar jimi určené lomené čáry.[3]

Pomocí dvou nebo čtyř Bezierových křivek byly vymodelovány Bezierové plochy (Obr. 33). Bezierová plocha je aproximační plocha zadaná prostorovou sítí řídicích bodů (uzlů), která stále neodpovídá naskenovanému modelu. Proto bylo nutné změnou polohy řídicího uzlu vytvarovat plochy do požadovaného tvaru. Při změně polohy uzlu dochází ke změně celé plochy, a při úpravách poloh uzlů si dávat pozor jak na celou plochu, tak na plochy tangenciálně (G1) nebo křivostně (G2 nebo G3) navazující. Jelikož naskenované plochy nebylo možné vytvořit z jedné plochy, tak bylo využito tzv. plátování, kdy se vytvoří více hladce spojitě napojených ploch (G2 nebo G3). Díky tomu jsme získali jednu celistvou plochu kopírující naskenovaný mrak bodů, který byl složený z několika Bezierových ploch.



Obr. 33. Bezierova plocha

8.4 Volba materiálu

Na sestavu odkládacího stolku byl zvolen jako nejvhodnější materiál polypropylén plněný 30 % skleněných vláken. Tento materiál byl zvolen na základě definovaných požadavků a s ohledem na vlastnosti tohoto materiálu. Vybraný materiál je pevný, houževnatý a odpovídá požadavkům na vzhled, funkčnost i zdravotní nezávadnost. V automobilovém prů-

myslu je tento materiál využíván na konstrukci zadní opěry z důvodu velmi dobrého tlumení rázů. Základní mechanické vlastnosti materiálu jsou zmíněny v tabulce.

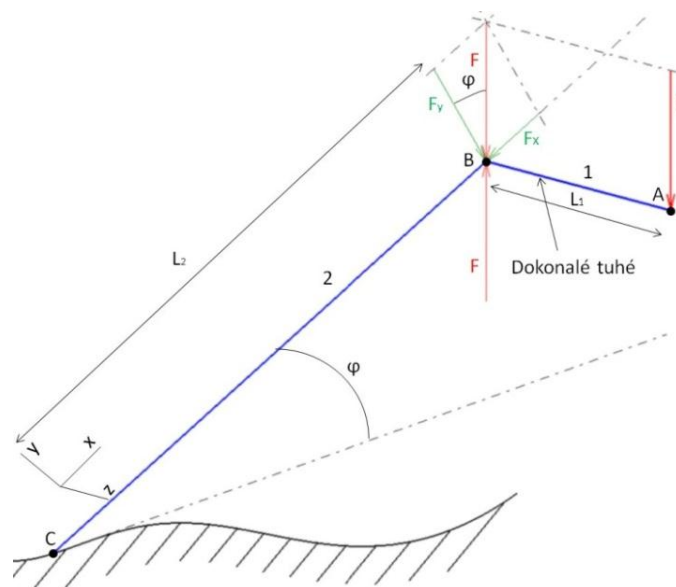
Tab. 14. Vlastnosti PP s 30 % skleněných vláken [12]

Hustota [g.cm-3]	1,12
Pevnost v tahu [MPa]	7000
Vrubová houževnatost [kJm ⁻²]	12
Maximální provozní teplota [°C]	100
Maximální provozní teplota [°C]	5

8.5 Návrh profilu- výpočet zatížení

Pro zjednodušení výpočtu byl zanedbán vliv smykových napětí. Z průběhu ohybových momentů, krouticích momentů a tlakových napětí je největší namáhání v průřezu „C“, kde byl určen největší redukovaný moment „ M_{red} “ a z pevnostní podmínky dané výpočtem (příloha P II) byl určen průřez profilu.

8.5.1 Rozbor zatížení



Obr.34. Rozbor zatížení

Síla F je rozložena do směru x a y. Síla F působící v bodě „A“ namáhá nosník „1“ na ohyb.

Síla F_y (síla F rozložena do osy „Y“) působící kolmo k ose nosníku v bodě „B“ namáhá nosník „2“ na krut. Síla F_x (síla F rozložena do osy „X“) působící v ose nosníku v bodě „B“ namáhá nosník „2“ na tlak.

8.6 Konstrukce virtuální 3D sestavy

Při konstrukci virtuálního modelu odkládacího stolku byly zohledněny definované požadavky a předběžný pevnostní výpočet. Dále bylo uvažováno nad ekonomičností případné výroby, a proto byla celá sestava odkládacího stolku koncipována tak, aby se minimalizovala technologická náročnost a tím i případné náklady na nástroje – vstřikovací formy (např. minimalizace pohyblivých částí vstřikovací formy, nutnost následného opracování apod.). Po rozboru koncepce celého řešení výrobku bylo určeno, že se odkládací stolek bude skládat z pěti originálních dílů a skupiny normovaných montážních prvků. Všechny základních dílů bylo navrženo s ohledem na výrobní technologii, v tomto případě vstřikování.

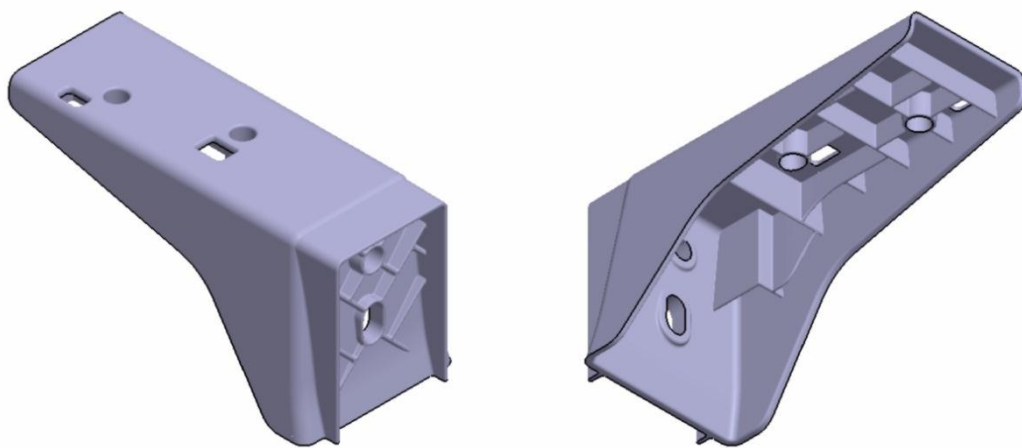


Obr.35. Sestava odkládacího stolku

8.6.1 Kotevní konzola

Celá sestava odkládacího stolku bude ukotvena na pravé straně středové konzoly automobilu Škoda Fabia, tzn. v oblasti spolujezdce. Toto místo bylo vybráno z důvodu relativně snadného dosažení nosné konstrukce automobilu, které umožní stabilní napojení na tuhé

součástí karoserie. Přímé napojení výrobku v interiéru vozidla obstará „Kotevní konzola“ (Obr. 36). Tento díl, stejně jako všechny další díly, je navržen dle zásad konstrukce vstříkovaných výrobků. Tyto zásady byly popsány v teoretické části práce. Pro dosažení požadované tuhosti dílu bylo nutné na spodní, nepohledové straně, vyztužit konzolu žebry. Konzola je opatřena otvory pro uchycení ke středové konzoli auta a otvory pro přichycení vertikálního ramene. Pro optimalizaci návrhu z hlediska tuhosti a pevnosti bylo využito pevnostní analýzy.

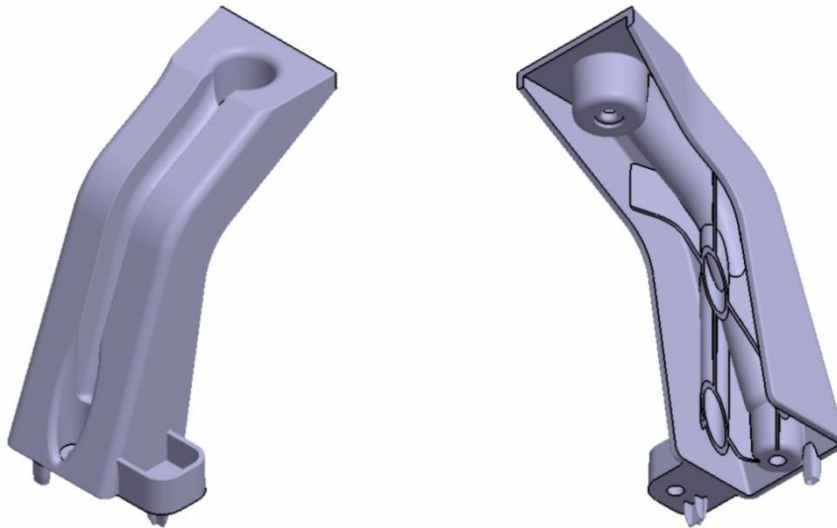


Obr. 36. Spodní kotevní konzola

8.6.2 Vertikální rameno

Dalším dílem sestavy je vertikální rameno (Obr. 37). Tento díl je na dolním konci upevněn dvěma šrouby do výše uvedené kotevní konzoly. Jeho hlavní funkcí je překonat značný výškový rozdíl mezi spodním ukotvením a požadovanou pracovní polohou, tzn. odkládací plochou. Délka ramena byla určena s ohledem na běžnou výšku středové konzoly osobních vozů a rovněž s ohledem na základy ergonomie. V principu se jedná o prostorový, dolů otevřený, U-profil s variabilním průřezem. Na spodní straně je ukončen kontaktní plochou pro napojení na spodní konzolu a na horním konci je opatřen přesným válcovým pouzdem pro kloub horizontálního otočného ramene. S ohledem na způsob zatížení vertikálního ramene (tlak a krut) bylo nutné provést mohutné žebrování na spodní straně U-profilu. Zvýšenou pozornost bylo třeba věnovat oběma přechodovým oblastem (přechod z U-profilu do horizontální kontaktní plochy dole a do válcové plochy nahoře). V těchto oblastech by mohlo docházet ke koncentraci napětí, a proto zde bylo nutné obzvlášť pečlivě aplikovat

zásady navrhování plastových dílů. Nevhodné napojení žeber, nedostatečné využití zaoblení popřípadě neřízené snížení průřezu v důsledku nahromadění materiálu, by vedly k výraznému omezení mechanických vlastností dílu. Pro optimalizaci návrhu bylo využito pevnostní analýzy.

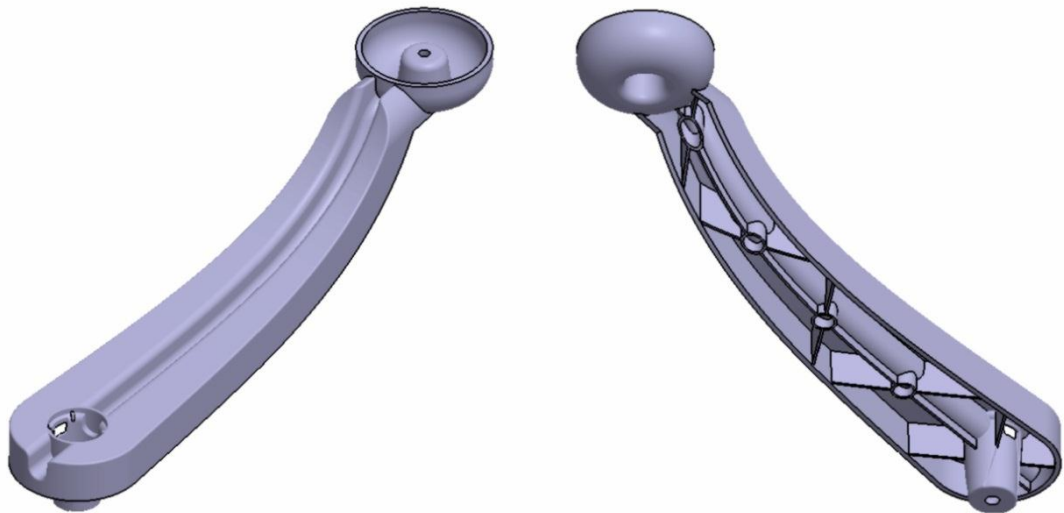


Obr. 37. Vertikální rameno

8.6.3 Horizontální otočné rameno

Horizontální otočné rameno (Obr. 38) je dalším prvkem sestavy. Rameno má za úkol přiblížit pracovní plochu odkládacího stolku v horizontálním směru na dosah uživatele, v tomto případě řidiče. Pro navržení optimální délky ramene bylo využito jednoduchých ergonomických zkoušek. V případě tohoto prvku se opět jedná o prostorový, dolů otevřený, U-profil s variabilním průřezem. Na jednom konci je opatřen čepem pro spojení s vertikálním ramenem. Toto spojení je zajištěno šroubem. Na druhém konci ramene se nachází pouzdro pro čep spodní části odkládací plochy. Hlavním typem zatížení pro tento díl je ohyb. I zde bylo možné pomocí výrazného žebrování dosáhnout efektivního vyztužení dílu. Náročným prvkem konstrukce tohoto dílu jsou čepová spojení na obou koncích ramene. Tato spojení mají významný vliv na konečný uživatelský dojem z výrobku. V případě nevhodně navržených kloubových spojení může nastat příliš velká tolerance spoje, nadměrné a brzké opotřebení kluzných ploch. Nevhodnou kombinací materiálů, s ohledem na akustické projevy chybného návrhu, by mohlo dojít k elementárnímu znehodnocení užitných vlastností nebo dokonce i k případnému ohrožení bezpečnosti uživatele. Pro čepové spoje byl proto zvolen systém kuželových kluzných ploch s axiálním jištěním metrickým šroubem a pod-

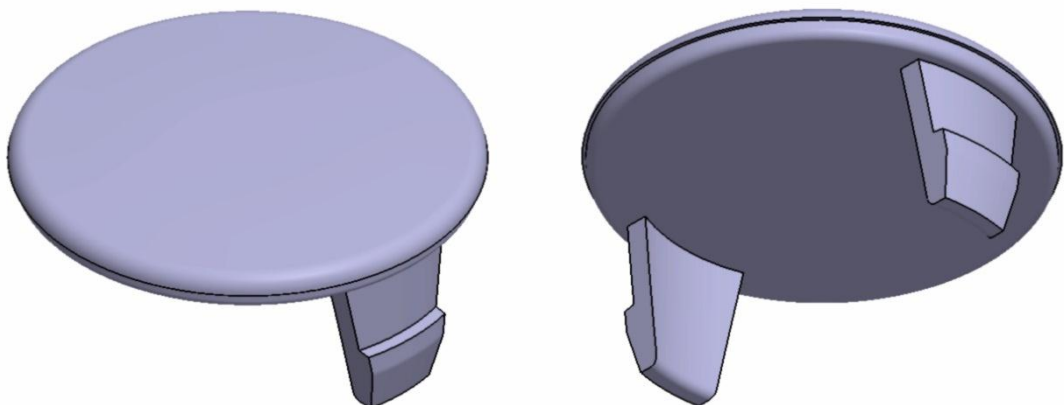
ložkou, které je uzavřeno krytkou. Utažením respektive uvolněním tohoto šroubu je možné ovlivnit ovládací sílu pro nastavení polohy pracovní plochy a rovněž je tímto způsobem možné kompenzovat vůle v zařízení vzniklé při jeho užívání.



Obr. 38. Horizontální otočné rameno

8.6.4 Krytka dolní

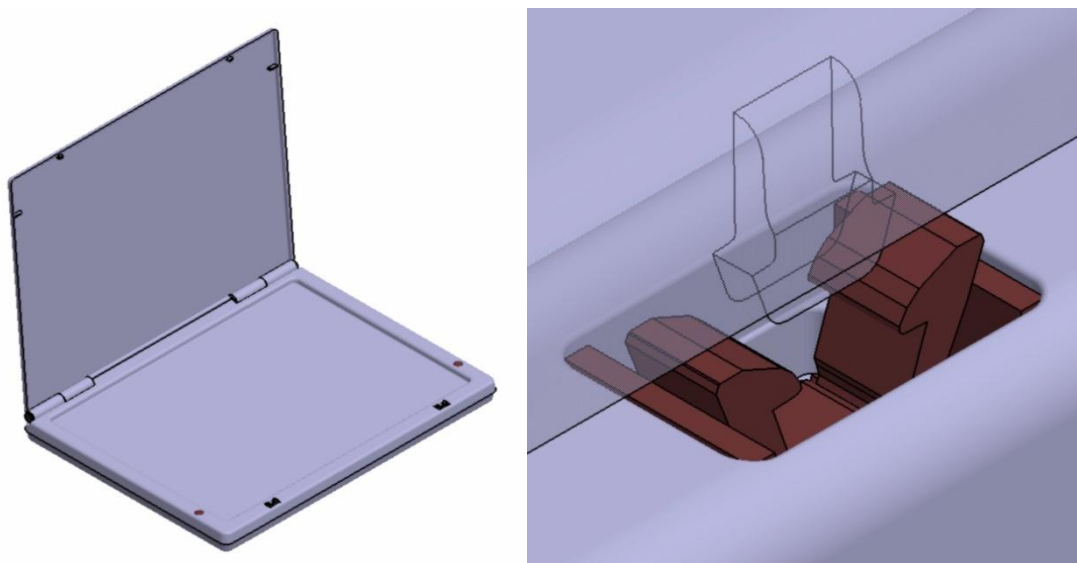
Krytka dolní (Obr. 39) zakrývá a chrání systém kuželových kluzných ploch s metrickým šroubem a podložkou. K otočnému horizontálnímu rameni je přichycena pomocí pružného spojení – háčku.



Obr. 39. Krytka dolní

8.6.5 Sestava odkládací desky

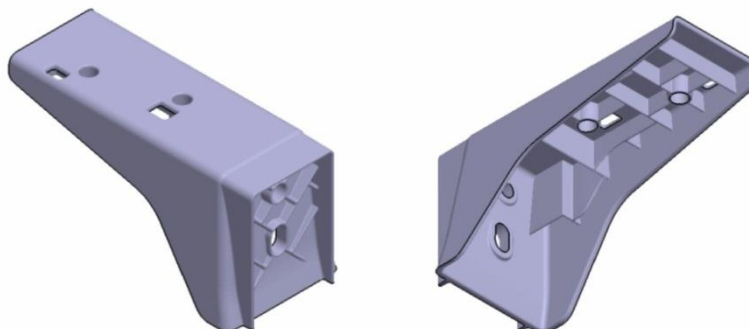
Posledním prvkem je sestava odkládací desky (Obr. 40), která je otočně připevněna na otočné horizontální rameno. K zajištění odložených věcí na odkládací desce slouží uzavíratelný kryt, který je při jízdě autem zajištěn proti otevření normalizovaným mechanismem typu „Push – Push“. Uzavíratelný kryt je při otevření zajištěn pomocí nalisovaných čepů. Jejich vzájemné tření mezi čepem, nábojem víka a nábojem odkládací desky nedovoluje samovolný pohyb krytu vůči sobě.



Obr. 40. Sestava odkládací desky

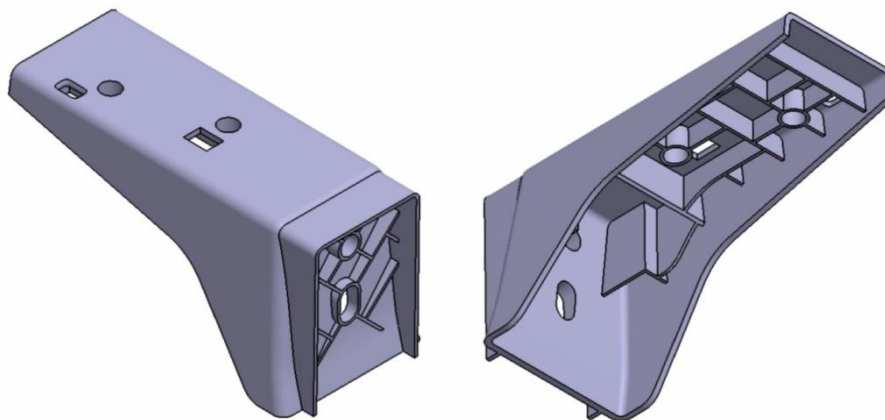
8.7 Mechanická analýza

Pro potřebu mechanické analýzy bylo nejdříve potřeba upravit 3D data (Obr. 41), kdy úprava dat spočívá v odstranění žebér, zaoblení, prolisů a otvorů, které nemají vliv na samotný výpočtový model z hlediska mechanického chování tělesa.



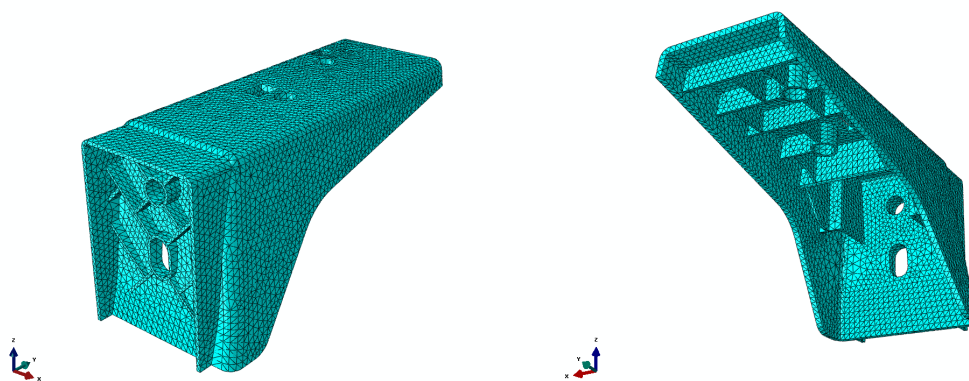
Obr. 41. Ukázka 3D modelu před úpravou

Cílem úpravy je tvorba výpočtové sítě, kdy těmito úpravami dojde ke snížení objemu materiálu, který se následně musí popsat sítí. Nutné úpravy modelu a sít'ování bylo provedeno u všech výpočtových modelů (Obr. 42).



Obr. 42. Ukázka výpočtového 3D modelu

Pro co nejpřesnější výpočty je potřeba vytvořit co nejhustější sít' – malá velikost elementů. Sít' pro všechny díly byla zvolena tetragonální (čtyřstěny) o velikosti hrany elementu 3 mm (Obr. 43), kdy chyba v sít'ovém modelu nepřesáhla ani u jednoho modelu 0,2 %.



Obr. 43. Vysít'ovaný model

8.7.1 Mechanická analýza a optimalizace v programu Abaqus

Pro výpočet statické tuhosti byla definována maximální zatěžující síla 150 N působící v těžišti odkládací desky ve svislém směru. Maximální průhyb nesměl přesáhnout 50 mm ve svislém směru od těžiště odkládací desky. Všechny výpočty byly nasimulovány jako ideálně elastické. Po několika výpočtových smyčkách, kdy byly vyhotovené modely nasimulo-

vány na požadované zatížení a následně dle výsledků analýzy optimalizovány se dosáhlo požadované tuhosti soustavy.

V příloze P III je vidět výsledek zatížení odkládací desky před a po optimalizaci.

V příloze P IV je vidět průhyb odkládací desky před a po optimalizaci.

V příloze P V je vidět výsledek zatížení sestavy před a po optimalizaci.

9 DISKUSE VÝSLEDKŮ

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout virtuální prototyp odkládacího stolku pro tablet, tiskopisy a psací potřeby do automobilového interiéru v místě spolujezdce.

Při návrhu byly nejdříve definovány požadavky na funkčnost a ergonomii výrobku. Zásadním předpokladem pro správnou funkci zařízení bylo nalezení vhodného místa pro ukotvení sestavy odkládacího stolku. V tomto případě byla pro ukotvení zvolena pravá strana středové konzoly (místo spolujezdce) v automobilu Škoda Fabia druhé generace. Důvodem byla relativně snadná dosažitelnost nosné konstrukce automobilu (středový tunel karoserie) a tím i předpoklad velmi stabilního napojení na tuhé součásti karoserie. Tento prostor byl pro potřeby bakalářské práce digitalizován pomocí technologie reverzních inženýrství. K digitalizaci dat byl použit přístroj HandyScan 3D – EXAscan se softwarem VXelements. Získaná data byla upravena a převedena do softwaru Catia, kde byla zpracována do konečné podoby.

Pro sestavu odkládacího stolku byl zvolen polymerní materiál – polypropylen plněný 30 % skleněných vláken. Tento materiál byl zvolen na základě definovaných požadavků a s ohledem na vlastnosti vybraného materiálu.

Při konstrukčních návrzích jednotlivých dílů byly dodržovány zásady konstrukce vstřikovaných výrobků, jež byly popsány v teoretické části této práce. Pro optimalizaci mechanických vlastností navržených dílů i množství potřebného materiálu bylo využito pevnostních analýz metodou konečných prvků v programu Abaqus. Celkem bylo navrženo a zoptimalizováno pět originálních dílů, které společně se skupinou normovaných dílů tvoří sestavu odkládacího stolku v interiéru automobilu. Všechny základní díly byly navrženy s ohledem na výrobní technologii, v tomto případě technologii vstřikování.

10 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo vypracovat virtuální 3D prototyp odkládacího prostoru pro tablet, tiskopisy a psací potřeby do automobilového interiéru v místě spolujezdce. Celá virtuální 3D sestava byla zkonstruována v programu Catia V5, kde bylo použito hybridní modelování, které zahrnuje práci s obecnými plochami a objemové modelování.

Bakalářská práce se skládá ze dvou částí, teoretické a praktické. V teoretické části jsou popsány vlastnosti nejčastěji používaných polymerů v automobilovém průmyslu, zásady navrhování polymerních výrobků, spojování polymerních výrobků a jejich povrchové úpravy.

Hlavní náplní praktické části byl návrh virtuální 3D sestavy odkládacího stolku v automobilu. V první fázi byl vyhotoven technický popis modelu a zvolen vhodný polymerní materiál pro tuto aplikaci, v tomto případě polypropylen. Dále následoval designový návrh a digitalizace okolních dílů metodou reverzního inženýrství. Poté byl zhotoven teoretický rozbor zatížení sestavy stolku, na kterou navazovala samotná konstrukce virtuálního prototypu. V průběhu konstrukce virtuálního prototypu byly prováděny kontrolní mechanické analýzy v programu Abaqus / CAE 6.10. Tyto analýzy umožňovaly zjistit choulostivá místa jednotlivých dílů sestavy a tím z hlediska konstrukce zoptimalizovat všechny originální části sestavy odkládacího stolku.

Dalším pokračováním tohoto návrhu by mohla být konstrukce nástrojů pro jednotlivé díly, tokové analýzy a optimalizace modelu z hlediska toku polymeru, deformací, vibrací apod. S ohledem na umístění odkládacího stolku v interiéru automobilu, a také jeho povaze, by musely být provedeny testy bezpečnosti, aby nemohla být ohrožena posádka vozidla.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MACHEK, Václav; SODOMKA, Jaromír. *Polymery a kompozity s polymerní matricí*. vyd.1. Praha: Česká technika- nakladatelství ČVUT, 2008. 86 s. ISBN 978-80-01-03927-4
- [2] EHRENSTEIN, Gottfried W. *Polymerní kompozitní materiály*. vyd.1. Praha: Nakladatelství Scientia, 2009. 351 s. ISBN 978-80-86960-29-6
- [3] KREBS, Josef. *Teorie zpracování nekovových materiálů*. vyd.2. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2001. 250 s. ISBN 80-7083-449-8
- [4] MLEZIVA, Josef; ŠŇUPÁREK, Jaromír. *Polymery*. vyd.2. Praha: Sobotáles, 2000. 544 s. ISBN 80-85920-72-7
- [5] KUTA, Antonín. *Technologie a zařízení pro zpracování kaučuků a plastů*. vyd.1. Praha: VŠCHT Praha, 1999. 203 s. ISBN 80-7080-367-3
- [6] DUCHÁČEK, Vratislav. *Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. vyd.2. Praha: VŠCHT Praha, 2006. 278 s. ISBN 80-7080-617-6
- [7] EHRENSTEIN, Gottfried W. *Mit Kunststoffen konstruieren : Eine Einfuehrung*. 1.Auflage. Muenchen: Carl Hanser Verlag Muenchen Wien, 1995. 253 s. ISBN 3-446-18347-7
- [8] ERHARD, Gunter. *Konstruieren Mit Kunststoffen . 2.Auflage*. Muenchen: Carl Hanser Verlag Muenchen Wien, 1999. xiv, 466 s. ISBN 3-446-21016-4.
- [9] JAROSCHEK, Christoph. *Spritzgiessen fuer Praktiker*. 1.Auflage. Muenchen: Carl Hanser Verlag Muenchen Wien, 2003. 229 s. ISBN 3-446-214000-3
- [10] Bobčík, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů: 1.díl- Vstříkování termoplastů*. 2.upr. vydání. Brno: Uniplast, 1999. 134 s.

Internetové odkazy

- [10] *Celat* [online]. 2005-2010 [cit. 2010-12-07]. Laserové svařování plastů. Dostupné z WWW: <<http://laser.zcu.cz/wiki/laserove-svarovani-plastu>>
- [11] *KLN Ultraschall AG* [online]. 2010 [cit. 2010-12-07]. Verbindungstechnik. Dostupné z WWW: <http://www.kln.de/Verbindungstechnik.html>
- [12] *Technische Kunststoffe und deren Eigenschaften* [online], 2011 [cit. 2011-06-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.kern.de/cgi-bin/riweta.cgi?nr=1513&lng=1>>

- [13] *Handy3Dscan* [online]. 2011 [cit. 2011-02-07]. Dostupné z WWW:
<http://www.handyscan.cz/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	Hustota.
MPa	Pevnost v tahu
kJm^{-2}	Houževnatost
%	Tažnost, Navlhavost
PP	Polypropylén
PS	Polystyren
hPS	Houževnatý polystyren
SAN	Kopolymer styrenu s akrylonitrilem
POM	Polyoximetylen
PA6	Polykaprolaktam
PA66	Polyhexamethylenadipamid
PC	Polykarbonát
PUR	Polyuretan
$^{\circ}\text{C}$	Teplota
μm	Propadlina
3D	Trojrozměrný model
CAD	Computer Aided Design
CAE	Computer Aided Engineering
CAM	Computer Aided Manufacturing
σ	Napětí
ε	Deformace
F	Síla
E	Modul pružnosti
MKP	Metoda konečných prvků (ang.: Finite Element Method)

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Rozdělení polymerů.....	12
Obr. 2. Příklad konstrukce stěny.....	19
Obr. 3. Příklad konstrukce rovinných ploch	19
Obr. 4. Příklad konstrukce okrajových lemů	20
Obr. 5. Příklad vyztužování výstřik.....	21
Obr. 6. Příklady konstrukce žeber.....	21
Obr. 7. Rozdělení spojování polymerních dílů.....	23
Obr. 8. Rozdělení svařování třením.....	26
Obr. 9. Rozdělení svařování ultrazvukem.....	26
Obr. 10. Schéma ultrazvukového svařování	27
Obr. 11. Rozdíly ultrazvukového svařování	27
Obr. 12. Rozdělení svařování zářením.....	28
Obr. 13. Princip laserového svařování.....	29
Obr. 14. Laserové svařování – obrysové.....	29
Obr. 15. Laserové svařování – souběžné.....	29
Obr. 16. Laserové svařování - kvazi-souběžné.....	30
Obr. 17. Příklady laserového svařování.....	30
Obr. 18. Příklady spojení pomocí západek.....	31
Obr. 19. Ukázky spojení pomocí přídavných elementů.....	32
Obr. 20. Rozdělení povrchové úpravy.....	33
Obr. 21. Rozdělení leštění.....	33
Obr. 22. Rozdělení pokovování.....	35
Obr. 23. Nelineární vlastnosti.....	39
Obr. 24. Designový návrh.....	41
Obr. 25 Interactive Pen Display.....	41

Obr. 26. HandyScan 3D- EXAscan.....	42
Obr. 27. Skenována oblast s referenčními body.....	42
Obr. 28. Kalibrace HandyScan 3D – EXAscan.....	43
Obr. 29. Kalibrační software – modul VXscan.....	43
Obr. 30 Skenování povrchu interiéru.....	44
Obr. 31 Polární metoda skenování.....	44
Obr. 32. Mrak bodů.....	45
Obr. 33. Bezierová plocha.....	46
Obr. 34. Rozbor zatížení.....	47
Obr. 35. Sestava odkládacího stolku.....	48
Obr. 36. Spodní kotevní konzola.....	49
Obr. 37. Vertikální rameno.....	50
Obr. 38. Horizontální otočné rameno.....	51
Obr. 39. Krytka dolní	51
Obr. 40. Sestava odkládací desky.....	52
Obr. 41. Ukázka 3D modelu před úpravou.....	53
Obr. 42. Ukázka výpočtového 3D modelu.....	53
Obr. 43. Vysítovaný model.....	53

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Vlastnosti polypropylénu.....	13
Tab. 2. Vlastnosti polystyrénů.....	14
Tab. 3. Vlastnosti SAN a ABS.....	15
Tab. 4. Vlastnosti polyoxymethylénu.....	16
Tab. 5. Vlastnosti polyamidů	17
Tab. 6. Vlastnosti polykarbonátu.....	18
Tab. 7. Vlastnosti polyuretanů.....	18
Tab. 8: Doporučené hodnoty úkosu.....	20
Tab. 9: Vliv tloušťky žebra na hloubku propadu stěny.....	22
Tab. 10: Příklad optického zlepšení.....	22
Tab. 11. Porovnání způsobů spojení polymerů.....	24
Tab. 12. Svařitelnost vybraných polymerů.....	25
Tab. 13 Závislost hloubky dezénu na úhlu odformování.....	34
Tab. 14 Vlastnosti PP s 30 % skleněných vláken.....	47

SEZNAM PŘÍLOH

P I: Technické parametry HandyScan 3D – EXAscan

P II: Výpočet profilu

P III: Výsledek zatížení odkládací desky před a po optimalizaci.

P IV: Průhyb odkládací desky před a po optimalizaci.

P V: Výsledek zatížení sestavy před a po optimalizaci.

P VI Výkres sestavy

P VII CD-ROM

**PŘÍLOHA P I: TECHNICKÉ PARAMETRY HANDYSCAN 3D –
EXASCAN**

Hmotnost [kg]	1,25
Rozměry [mm]	172x260x216
Snímání [snímku/s]	18 000
Laser	II (eye safe)
Rozlišení v ose Z [mm]	0,005
Přesnost [μm]	max. 40
ISO [$\mu\text{m}/\text{m}$]	20 + 100
Vzdálenost snímání [mm]	300
Rozlišení textury	-
Rozlišení barvy	-
Výstupní formáty	.stl, dae, .txt, .wrl, .obj, fbx, .ma, .ply, .x3d, .x3dz, .zpr

PŘÍLOHA P II: VÝPOČET PROFILU

Dáno: $F = 300\text{ N}$; $L_1 = 85\text{ mm}$; $L_2 = 500\text{ mm}$; $\Phi = 35^\circ$; $\sigma_D = 35\text{ MPa}$, $\alpha = 2$

$$M_{\text{red}} = \sqrt{(M_o)^2 + \left(\frac{\alpha}{2} \cdot M_k\right)^2} = \sqrt{(F_x \cdot L_2)^2 + \left(\frac{\alpha}{2} \cdot F_y \cdot L_1\right)^2} = \mathbf{46\text{ MPa}}$$

Dovolené napětí z mezi pevnosti:

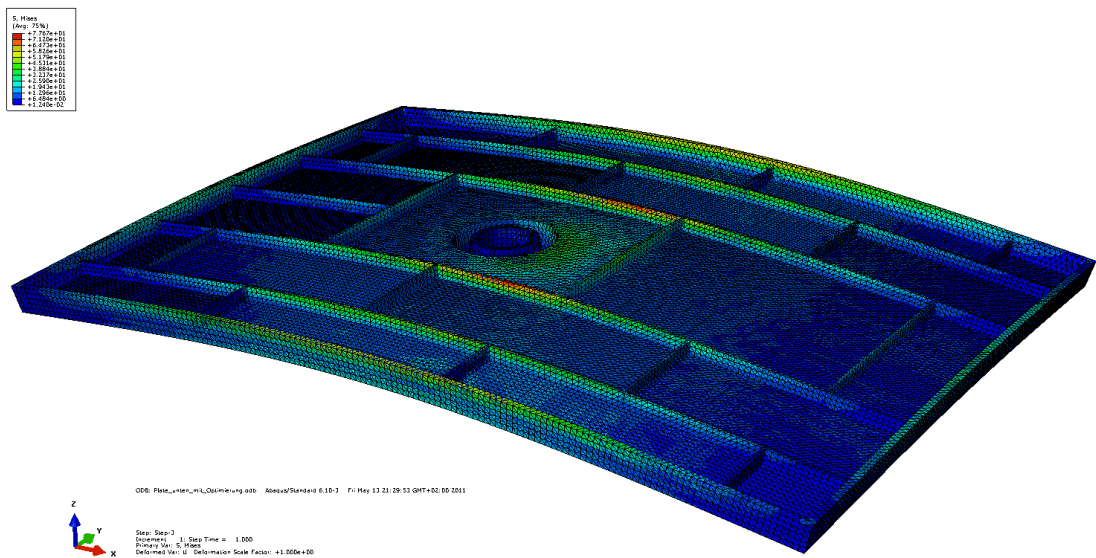
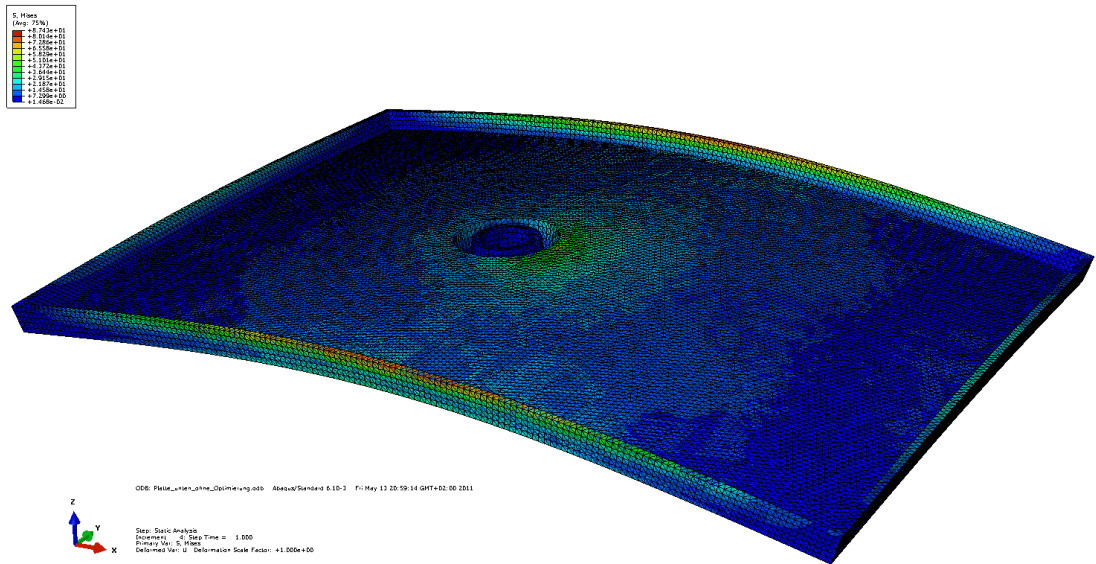
$$\sigma_{dt} = \frac{\sigma_{Pt}}{k} = \mathbf{17,5\text{ MPa}}$$

$$\sigma_{\text{red}} = \frac{M_{\text{red}}}{W_o} = \sigma_{Dt} \rightarrow W_o = \frac{M_{\text{red}}}{\sigma_{Dt}} = \mathbf{0,00002625\text{ m}^4}$$

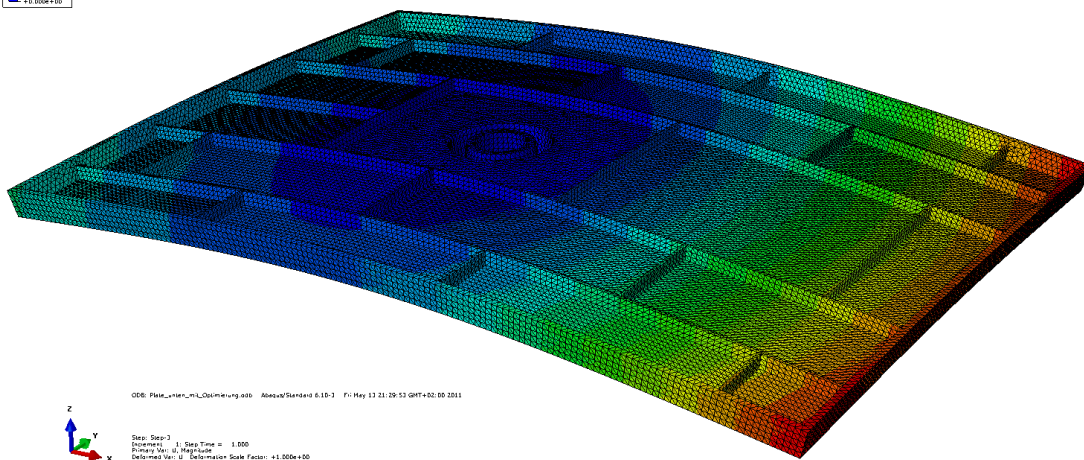
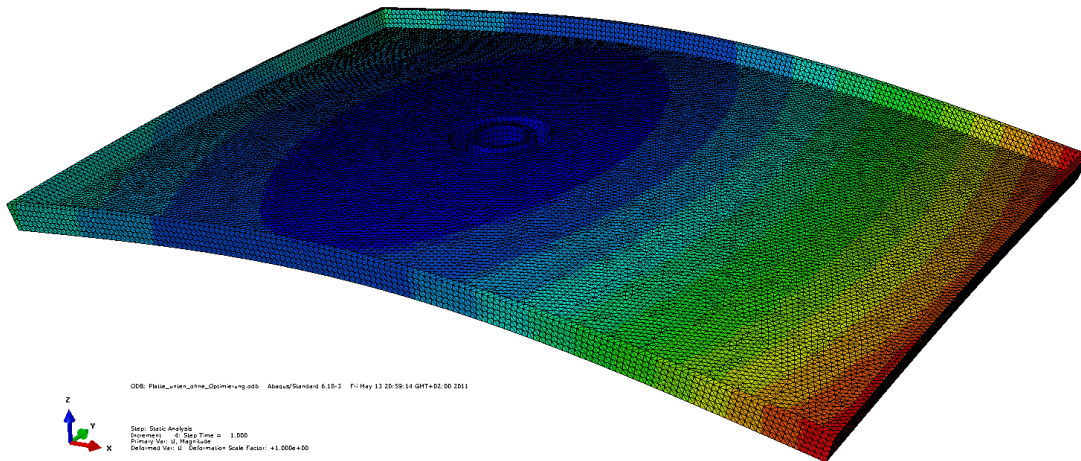
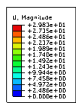
$$W_o = \frac{1}{6}bh^3 \rightarrow b - h = \mathbf{63 - 63\text{ mm}}$$

Počáteční profil je $h = 63\text{ mm}$ a $b = 63\text{ mm}$

PŘÍLOHA P III: VÝSLEDEK ZATÍŽENÍ ODKLÁDACÍ DESKY PŘED A PO OPTIMALIZACI



PŘÍLOHA P IV: PRŮHYB ODKLÁDACÍ DESKY PŘED A PO OPTIMALIZACI



PŘÍLOHA P V: VÝSLEDEK ZATÍŽENÍ SESTAVY PŘED A PO OPTIMALIZACI

