

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKA – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA MATERIÁLOVĚ-TECHNOLOGICKÁ
KATEDRA MATERIÁLŮ A TECHNOLOGIÍ PRO AUTOMOBILY



Technologie výroby kapotáže pro bateriovou jednotku

Production technology for the battery unit

Diplomová práce

Thesis

Autor práce:

Bc. Adam Kostura

Author

Vedoucí práce:

Ing. Radim Trojan, Ph.D.

Advisor of a thesis

Ostrava 2019

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Adam Kostura

Studijní program:

N3923 Materiálové inženýrství

Studijní obor:

3911T034 Materiály a technologie pro automobilový průmysl

Téma:

Technologie výroby kapotáže pro bateriovou jednotku
Production technology for the battery unit

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod do problematiky plastů
2. Možnosti obrábění tvářených plastů
3. Lepení plastových polotovarů
4. Povrchové úpravy plastových polotovarů
5. Zhodnocení výsledků

Seznam doporučené odborné literatury:

[1]OSTEN, Miloš. Lepení plastických hmot. Druhé, opravené vydání. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1974. Redakce chemické literatury.

[2]ŠTĚPEK, Jiří, Jiří ZELINGER a Antonín KUTA. Technologie zpracování a vlastnosti plastů. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1989.

[3]PECINA, Pavel a Josef PECINA. Materiály a technologie - plasty. Brno: Masarykova univerzita, 2006. ISBN 80-210-4100-5.

[4]BART, Jan C. J. Plastics additives: advanced industrial analysis. Amsterdam: IOS Press, c2006. ISBN 1-58603-533-9.

[5]Sven Engelmann. Advanced Thermoforming. John Wiley & Sons, 2012. ISBN 0470499206.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Radim Trojan, Ph.D.**

Datum zadání: 30.11.2018

Datum odevzdání: 23.04.2019



doc. Ing. Petr Tomčík, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. Ing. Jana Dobrovská, CSc.
děkanka fakulty

Zásady pro vypracování diplomové práce

I.

Diplomovou prací (dále jen DP) se ověřují vědomosti a dovednosti, které student získal během studia, a jeho schopnosti využívat je při řešení teoretických i praktických problémů.

II.

Uspořádání diplomové práce:

- | | |
|--|--|
| 1. Titulní list | 6. Abstrakt + klíčová slova česky a anglicky |
| 2. Originál zadání DP | 7. Obsah DP |
| 3. Zásady pro vypracování DP | 8. Textová část DP |
| 4. Prohlášení + místopřisečné prohlášení | 9. Seznam použité literatury |
| 5. Prohlášení spolupracující právnické nebo fyzické osoby o souhlasu se zveřejněním DP | 10. Přílohy |

ad 1) Titulní list je koncipován podle požadavků příslušné oborové katedry.

ad 2) Originál zadání DP student obdrží na své oborové katedře.

ad 3) Tyto „Zásady pro vypracování diplomové práce“ následují za originálem zadání DP.

ad 4) Prohlášení + místopřisečné prohlášení napsané na zvláštním a vlastnoručně podepsané studentem s uvedením data odevzdání DP.

ad 5) V případě, že DP vychází ze spolupráce s jinými právnickými a fyzickými osobami a obsahuje citlivé údaje, je na zvláštním listě vloženo prohlášení spolupracující právnické nebo fyzické osoby o souhlasu se zveřejněním DP.

ad 6) Abstrakt a klíčová slova jsou uvedena na zvláštním listu česky a anglicky v rozsahu max. 1 strany pro obě jazykové verze.

ad 7) Obsah DP se uvádí na zvláštním listu. Zahrnuje názvy všech očíslovaných kapitol, podkapitol a statí textové části DP, odkaz na seznam příloh a seznam použité literatury s uvedením příslušné stránky. Předpokládá se desetinné číslování.

ad 8) Textová část DP obvykle zahrnuje:

- Úvod, obsahující charakteristiku řešeného problému a cíle jeho řešení v souladu se zadáním DP;
- Vlastní rozpracování DP (včetně obrázků, tabulek, výpočtů) s dílčími závěry vhodně členěné do kapitol a podkapitol podle povahy problému;
- Závěr, obsahující celkové hodnocení výsledků DP z hlediska stanoveného zadání.

DP bude zpracována v rozsahu min. cca 45 stran (včetně obsahu a seznamu použité literatury).

Text musí být napsán vhodným textovým editorem počítače po jedné straně bílého nelesklého papíru formátu A4 při respektování následující doporučené úpravy - písmo Times New Roman 12b; řádkování 1,5; okraje – horní, dolní – 2,5 cm, levý – 3 cm, pravý 2 cm. Fotografie, schémata, obrázky, tabulky musí být očíslovány a musí na ně být v textu poukázáno. Budou zařazeny průběžně v textu, pouze je-li to nezbytně nutné, jako přílohy (viz ad 10).

Odborná terminologie práce musí odpovídat platným normám. Všechny výpočty musí být přehledně uspořádány tak, aby každý odborník byl schopen přezkoušet jejich správnost. Matematické vzorce musí být číselovány (v kulatých závorkách). U vzorců, údajů a hodnot převzatých z odborné literatury nebo z praxe musí být uveden jejich pramen - u literatury citován číselným odkazem (v hranatých závorkách) na seznam použité literatury. Nedostatky ve způsobu vyjadřování, nedostatky gramatické, neopravené chyby v textu mohou snížit klasifikaci práce.

- ad 9) DP bude obsahovat alespoň 15 literárních odkazů, z toho nejméně 5 v některém ze světových jazyků. Seznam použité literatury se píše na zvláštním listě. Citaci literatury je nutno uvádět důsledně v souladu s ČSN ISO 690. Na práce uvedené v seznamu použité literatury musí být uveden odkaz v textu DP.
- ad 10) Přílohy budou obsahovat jen ty části (speciální výpočty, zdrojové texty programů aj.), které nelze vhodně včlenit do vlastní textové části např. z důvodu ztráty srozumitelnosti.

III.

Diplomovou práci student odevzdá ve dvou knihařsky svázaných vyhotoveních, pokud katedra garantující studijní obor neurčí jiný počet. Vnější desky budou označeny takto:

nahore: *Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava*
Fakulta materiálově - technologická
Katedra

uprostřed: *DIPLOMOVÁ PRÁCE*


dole: *Rok* *Jméno a příjmení*

Kromě těchto dvou knihařsky svázaných výtisků odevzdá student kompletní práci také v elektronické formě do IS EDISON. Práce vložená v elektronické formě do IS EDISON se musí zcela shodovat s prací odevzdanou v tištěné formě. Po vložení DP do IS EDISON bude provedena její kontrola na plagiátorství.

IV.

Nesplnění výše uvedených zásad pro vypracování diplomové práce může být důvodem nepřijetí práce k obhajobě. O nepřijetí práce k obhajobě rozhoduje v tomto případě garant příslušného studijního oboru. Tyto zásady jsou závazné pro studenty všech studijních programů a forem magisterského, resp. navazujícího magisterského studia Fakulty materiálově - technologické, Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava od akademického roku 2018/2019.

Ostrava 12. 11. 2018


Prof. Ing. Jana Dobrovská, CSc.
děkanka Fakulty materiálově- technologické
VŠB-TU Ostrava

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- jsem byl(a) seznámen(a) s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního (§60 - školní dílo);
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3);
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude archivována v elektronické formě v databázi Ústřední knihovny VŠB - TUO a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO;
- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona;
- bylo sjednáno, že užít své dílo - diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB - TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že odevzdáním své diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (Zákon o vysokých školách) bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Místopřísežně prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci vypracoval(a) samostatně.

V Ostravě

23. 4. 2014

Adam Holuba

.....
podpis (jméno a příjmení studenta)

Poděkování

Chtěl bych poděkovat vedoucímu mé diplomové práce Ing. Radimu Trojanovi, Ph.D., a všem ostatním, kteří mi s mou prací pomohli.

Abstrakt

Zpřísnování ekologických norem nutí automobilový průmysl ke snižování emisí. Jednou z cest, jak toho dosáhnout, je elektromobilita. Většímu rozšíření elektromobilů a plug-in hybridů mezi veřejností brání mimo jiné nedostatek nabíjecích stanic. Tato práce se zabývá technologií výroby kapotáže pro bateriovou jednotku. K její výrobě metodou vakuového lisování byl použit ABS plast. Pro ořez technologických přebytků plastových dílů pomocí frézky byl navržen a vyroben rám z MDF desek. V programu SolidCAM byl vytvořen kód pro CNC frézku. Byl navržen také postup kompletace obroběných plastových dílů kapotáže metodou lepení.

Klíčová slova: kapotáž, vakuové lisování, ABS plast, lepení

Abstract

The tightening of environmental standards forces the car industry to reduce emissions. One of the ways to achieve this is via to manufacture electric cars. Among others, the lack of the charging stations prevents from the further spreading of the electric car and plug-in hybrids into the society. The thesis deals with technology of production of battery charging unit cowling. ABS plastic was used for its manufacturing via vacuum pressing. A frame from MDF-boards was designed and manufactured for trimming of technological surpluses of plastic parts using a milling machine. In the SolidCAM program was created a code for CNC milling machine. Also, a procedure of assembling the machined plastic parts of the cowling by means of gluing.

Keywords: fairing, vacuum pressing, ABS plastic, adhesive

Obsah

Úvod	1
1 Úvod do problematiky plastů	2
1.1 Charakteristika plastů	2
1.1.1 Struktura polymerů	2
1.1.2 Výroba polymerů	3
1.1.3 Fázové stavy polymerů	5
1.1.4 Termodynamické vlastnosti plastů	7
1.1.5 Klasifikace polymerů a plastů	8
1.1.6 Pomocné přísady v plastech	9
1.2 Technologie zpracování plastů	14
1.2.1 Příprava plastů před zpracováním	14
1.2.2 Vstřikování plastů	15
1.2.3 Lisování plastů	16
1.2.4 Vakuové tvarování plastů (vakuování)	17
1.2.5 Vytlačování plastů	19
1.2.6 Válcování plastů	20
1.2.7 Odlévání plastů	20
2 Možnosti obrábění plastů	21
2.1 Technologie obrábění plastů	22
2.1.1 Frézování plastů	22
2.1.2 Soustružení plastů	23
2.1.3 Vrtání plastů	23
2.1.4 Ořezávání a řezání plastů	24
2.2 Podmínky obrábění	25
3 Lepení plastů	25
3.1 Princip adheze a koheze	26
3.2 Struktura a vlastnosti lepeného spoje	27
3.3 Činitelé ovlivňující vlastnosti lepeného spoje	28
3.3.1 Vlastnosti povrchu lepeného materiálu	28
3.3.2 Vlastnosti lepidla	29
3.3.3 Vlastnosti lepeného spoje	29

4	Povrchové úpravy plastů	32
4.1	Odmašťování plastů	32
4.2	Příprava plastů pomocí aplikace základu na plasty	33
4.3	Tmelení plastů.....	34
4.4	Plnění plastů.....	35
4.5	Lakování plastů	36
5	Kapotáž bateriové jednotky	37
5.1	Výroba komponentů bateriového boxu.....	38
5.1.1	Charakteristika použitého ABS plastu.....	39
5.2	Příprava výlisků ke kapotáži.....	41
5.2.1	Ořezání nahrubo	41
5.2.2	Výroba podpůrných rámu	43
5.2.3	Frézování podpůrných rámu na frézce	45
5.2.4	Řešení uchycení výlisků k podpůrnému rámu.....	49
5.2.5	Frézování bočních dílů	53
5.2.6	Frézování vrchního dílu.....	56
5.2.7	Úprava výlisků po frézování.....	57
5.3	Návrh postupu lepení dílů bateriového boxu	59
	Závěr	62
	Zdroje	63
	Seznam tabulek.....	68

Úvod

Automobilový průmysl představuje jedno z nejdynamičtější se rozvíjejících průmyslových odvětví nejen u nás, ale i ve světě. V České republice bylo například jen za první čtvrtletí roku 2019 vyrobeno 377 283 vozidel. Tento rozvoj s sebou přináší kromě nesporných pozitiv i negativa. Jedním z těchto negativ je podíl na rostoucím znečištění životního prostředí výfukovými zplodinami ze spalovacích motorů. Evropské i světové metropole jsou stále častěji vystaveny smogovým kalamitám, ke kterým výraznou měrou přispívá právě automobilová doprava. Výrobci automobilů jsou proto stále více tlačeni k tomu vyrábět auta šetrná k životnímu prostředí. Zpříšňují se především požadavky týkající se emisních norem. Jednou z možností, jak těmto normám vyhovět, je vyrábět automobily na alternativní pohon. V současné době světový trend směřuje jednak k výrobě automobilů na hybridní pohon, které kombinují spalovací motor s elektromotorem, jednak k výrobě elektromobilů nebo plug-in hybridů. I když podíl nových elektromobilů a plug-in hybridů každoročně stoupá, je stále velmi nízký. V roce 2018 bylo v ČR evidováno 981 osobních elektromobilů a plug-in hybridů, což představuje podíl jen 0,38 %. Většímu rozšíření těchto vozidel brání především vysoká pořizovací cena, která v lepším případě představuje 2,5násobek ceny běžného vozidla, krátký reálný dojezd, který činí nejčastěji 200 až 300 km, a velmi malý počet nabíjecích stanic a s tím související doba nabíjení. V roce 2018 bylo na území ČR evidováno pouze 131 dobíjecích stanic.

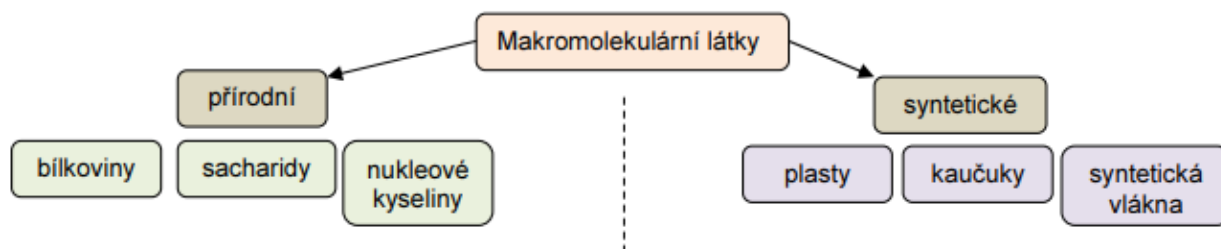
Moje diplomová práce se zaměřuje na výrobu kapotáže bateriové jednotky. Jedná se o multifunkční bateriový zdroj, který může podle potřeby sloužit k uchování energií z motorgenerátorů a solárních panelů nebo k nabíjení elektromobilů a napájení domácností. Cílem práce je praktická výroba kapotáže bateriové jednotky. Jde o velmi složitý proces, který se skládá z mnoha dílčích na sebe navazujících úkonů. Jedná se například o analýzu vlastností plastů vhodných k výrobě krytu bateriové jednotky. Práce dále pojednává o různých způsobech zpracování plastů a o technologiích výroby, kterými je možné jednotlivé díly kapotáže vyrobit. V práci jsou rozvedeny způsoby obrábění plastů, jež je možné použít při úpravě dílů krytu bateriové jednotky. V praktické části je pak detailně popsán vlastní postup výroby krytu bateriové jednotky včetně lepení jakožto nejlepšího způsobu spojování plastů a navržena závěrečná povrchová úprava zahrnující lakování a přípravu plastů před lakováním.

1 Úvod do problematiky plastů

Plasty jsou v dnešní době hojně rozšířeným typem materiálu. Postupně začínají nahrazovat klasické materiály jako je dřevo, sklo a kov. Jejich hlavní předností je finančně nenáročná výroba, trvanlivost a široká škála použití. V automobilech jsou plasty běžně se vyskytujícím materiálem.

1.1 Charakteristika plastů

Plasty jsou syntetické nebo polosyntetické polymerní materiály (obr. 1). Jsou pevné a přitom lehké, dobře tvarovatelné, snadno se obrábějí a většinou mají i velmi dobré tepelně izolační vlastnosti. Ve srovnání s kovy nepodléhají korozi a jsou chemicky odolné



Obr. 1 Rozdělení makromolekulárních látek

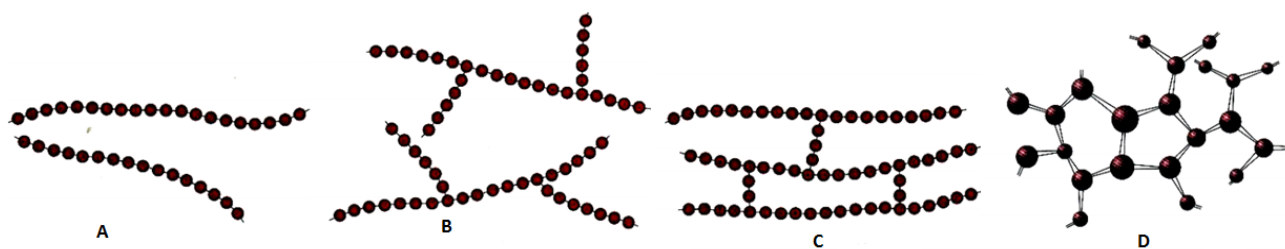
Dostupné z: [1]

Polymery obecně jsou makromolekulární látky s relativní molekulovou hmotností dosahující obvykle desítek nebo stovek tisíc jednotek. Jsou tedy tvořeny obrovským počtem různých druhů atomů. Od ostatních materiálů se polymery odlišují řetězcovou strukturou svých molekul. [1]

1.1.1 Struktura polymerů

Základní strukturální jednotkou polymeru je mer, což je pravidelně se opakující část makromolekuly. Vlastnosti polymerů jsou určeny především tvarem jejich makromolekul. Makromolekuly mohou být lineární nebo rozvětvené. Na tvar makromolekul mají zásadní vliv reakční podmínky jejich vzniku, především teplota a tlak.

Podle tvaru řetězců makromolekul dělíme polymery na lineární, rozvětvené, zesíťované a prostorově zesíťované (obr. 2)



Obr. 2 Rozdělení polymerů podle tvaru makromolekul

Dostupné z: [2]

- A. lineární – atomy jsou uspořádány v řadě za sebou, např. PE,
- B. rozvětvené – vznikají spojením několika příčných řetězců pomocí chemických vazeb,
- C. zesíťované – vznikají spojením všech lineárních řetězců do celku, např. vulkanizovaný kaučuk,
- D. prostorově zesíťované – vznikají spojením rozvětveného polymeru do trojrozměrné sítě, příkladem jsou fenolformaldehydové pryskyřice.

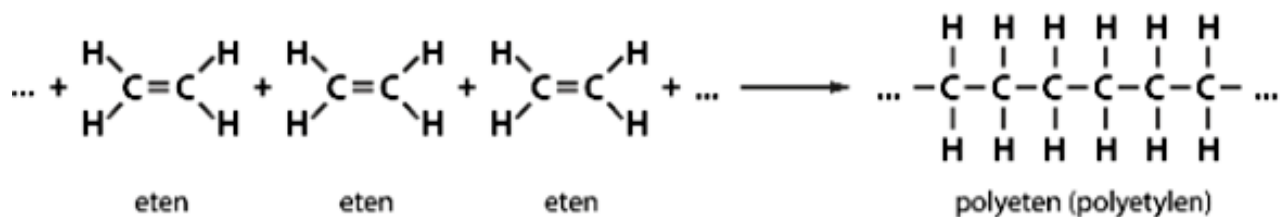
Lineární polymery jsou rozpustné v některých rozpouštědlech. Naopak rozvětvené polymery jsou v rozpouštědlech méně rozpustné, mají pouze tendenci bobtnat. [1]

1.1.2 Výroba polymerů

Převážná většina polymerů, a tedy i plastů, se vyrábí synteticky. Základní surovinou pro výrobu plastů jsou uhlovodíky, ropa, dusík, kamenná sůl, zemní plyn, vápenec atd. Tyto suroviny slouží k výrobě monomerů, ze kterých se jejich vzájemným provázáním získávají polymery. Monomery potřebné k výrobě polymerů musí být schopné reagovat s dalšími sloučeninami. Polymery se vyrábějí čtyřmi základními typy reakcí. Jedná se o polymeraci, polyadici, polykondenzaci a smíšené polyreakce. [3]

Polymerace

Základní stavební jednotkou pro polymeraci jsou jednoduché nenasycené uhlovodíky a jejich deriváty. Během reakce nevzniká žádný další vedlejší produkt. Reakce probíhá řetězově do úplného vyčerpání monomerů. Během reakce se štěpí násobné vazby nenasycených uhlovodíků. Vznikají volné valenční elektrony, které jsou následně využity k vazebným interakcím mezi monomery. Výsledkem je vznik makromolekuly. Jako příklad polymerace může sloužit vznik polyethylenu znázorněný na obr. 3.



Obr. 3 Polymerace, vytvoření polyetylenu

Dostupné z: [3]

Podle reakčního mechanismu rozlišujeme radikálovou a iontovou polymeraci.

Radikálová polymerace

Průběh radikálové polymerace lze shrnout do následujících kroků.

- Prvním krokem je iniciace, která vede ke vzniku radikálů.
- Následuje propagace, radikál napadá monomer a řetězec se prodlužuje.
- Posledním krokem je terminace, ukončení propagace pomocí spojení dvou rozrůstajících se řetězců. V tomto kroku dochází k zániku radikálů.

Iontová polymerace

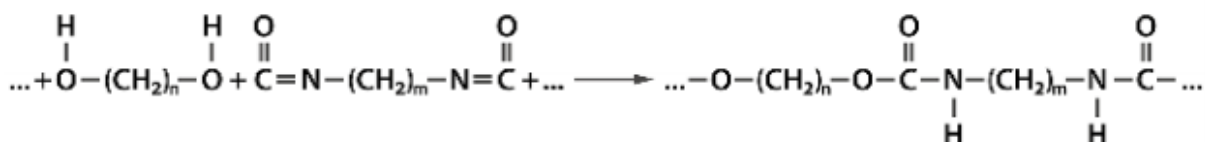
Iontová polymerace může být podle náboje zúčastněných iontů kationová nebo aniontová. Průběh iontové polymerace se, podobně jako v případě radikálové polymerace, skládá z iniciace, propagace a terminace.

- Iniciace, probíhá heterolytické rozštěpení katalyzátoru na ionty.
- Propagace, reakce vzniklých iontů s nenasyceným uhlovodíkem, dochází k růstu řetězce.
- Terminace, jedná se o ukončení reakce pomocí molekul vody nebo alkoholu. Dochází přitom k zániku iontů.

V této práci byl jako výchozí materiál zvolen ABS plast. K jeho výrobě se používá tzv. roubování. Jedná se o typ polymerace monomerů za přítomnosti základního polymeru s dvojnými vazbami. Na základní polymer, kterým je polybutadien, se roubojí monomerní styren a akrylonitril. [1], [3]

Polykondenzace

Polykondenzace probíhá pomocí reakce dvou různých monomerů, z nichž oba mají alespoň dvě reakční skupiny. Během reakce vznikají vedlejší produkty jako voda a amoniak. Průběh reakce je stupňovitý, z reakční směsi se dají izolovat makromolekuly s odlišně dlouhým řetězcem. Vzniklé vedlejší produkty se musí z reakčního prostředí stále odstraňovat. Polykondenzace se řadí k endotermickým reakcím. Příkladem je např. vznik polyuretanu (obr. 4). [1], [3]

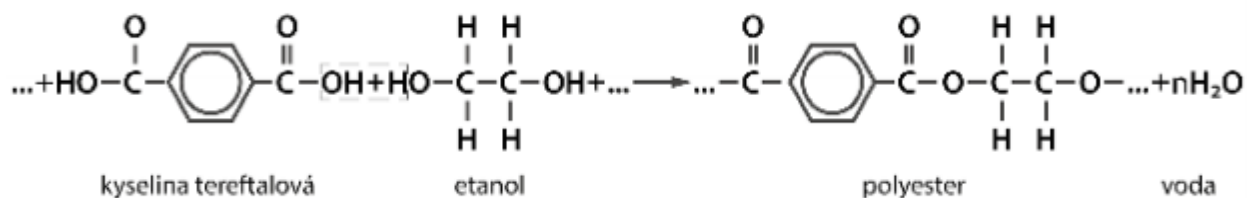


Obr. 4 Polykondenzace, vytvoření polyuretanu

Dostupné z: [3]

Polyadice

Stejně jako u polykondenzace reagují dva různé monomery, které musí mít alespoň dvě reakční skupiny. Během reakce nevzniká žádný vedlejší produkt, ale dochází k přenosu vodíkového atomu. Průběh reakce může být řetězový i stupňovitý. Příkladem tohoto typu reakce může být vznik polyesteru (obr. 5). [1], [4]



Obr. 5 Polyadice, vytvoření polyesteru

Dostupné z: [3]

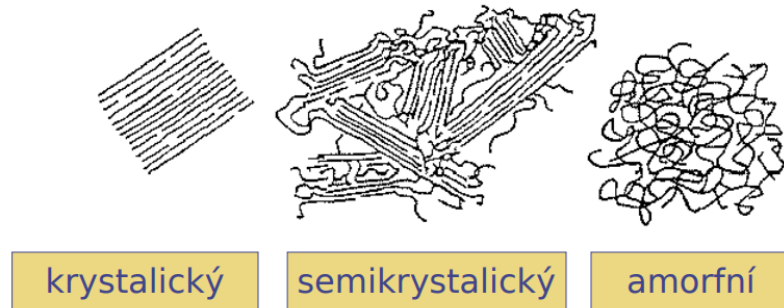
Smíšené polyreakce

Smíšenými polyreakcemi vznikají zesíťované polymery. Reakce probíhají mezi monomery, které mají tři a více vazebných míst. Patří sem například kopolymerace. Jedná se o reakci, při níž se pravidelně spojují dva nebo tři monomery do jednoho řetězce. Výsledný produkt se nazývá kopolymer. [3]

1.1.3 Fázové stavy polymerů

Typickou vlastností polymerů je vysoká molekulová hmotnost, což vede k vysoké teplotě varu převyšující teplotu rozpadu. Výsledkem je prakticky neexistující plynný stav polymerů. Polymerní materiály se mohou nacházet pouze v tuhém nebo kapalném stavu.

Polymery mohou mít různý stupeň uspořádání vnitřní struktury, proto vykazují rozsáhlou škálu různých vlastností. Dělení polymerů podle uspořádání makromolekulárních řetězců znázorňuje obr. 6.



Obr. 6 Dělení plastů podle stupně uspořádání
Dostupné z: [5]

Jestliže polymery vykazují pravidelnou vnitřní strukturu, jedná se o krystalické polymery. V případě neuspořádané vnitřní struktury hovoříme o amorfních nebo sklovitých polymerech. Existuje ještě kombinace obou typů vnitřních struktur, a tou je semikrystalické uspořádání. Takové polymery obsahují jak amorfní, tak i krystalické oblasti.

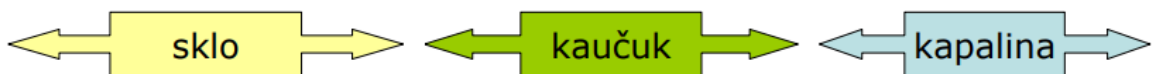
Další zvláštností polymerů je tzv. přechodný neboli kaučukovitý stav. Jedná se o přechod mezi sklovitým a kapalným stavem. Během kaučukovitého stavu je možné polymer snadno deformovat i malou silou, bez jakéhokoliv porušení soudržnosti.

Polymery tedy mohou existovat ve čtyřech fázových stavech – krystalickém, sklovitém, kaučukovitém a kapalném (obr. 7). [4]

krystalický polymer



amorfní polymer



semikrystalický polymer



Obr. 7 Fázové stavy polymerů
Dostupné z: [2]

1.1.4 Termodynamické vlastnosti plastů

Tak jako u většiny materiálů také u plastů rozhoduje o jejich vlastnostech teplota. Podle charakteristických změn vlastností existuje u plastů několik přechodových oblastí, pro které jsou důležité následující teploty:

T_g – teplota skelného přechodu,

T_f – teplota viskózního toku (platí pro amorfní plasty),

T_m – teplota tání (platí pro semikrystalické plasty),

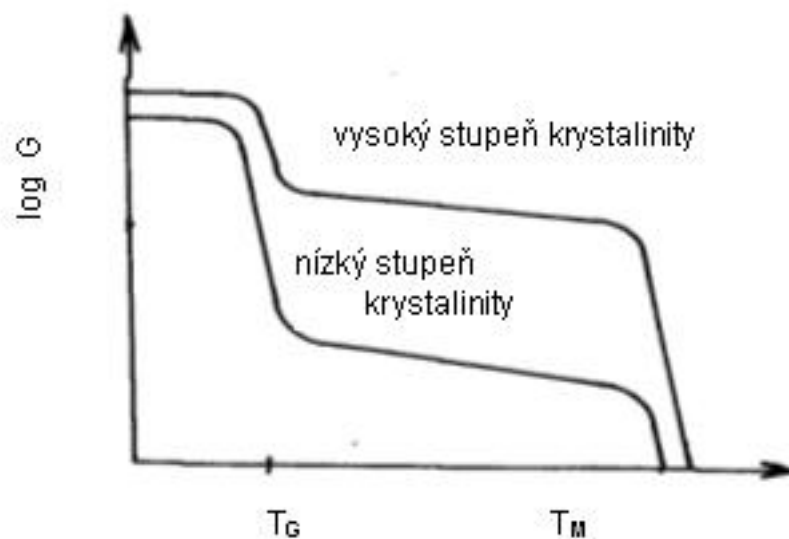
T_z – teplota degradace plastu.

Pro amorfní plasty je typické, že se mez pevnosti v tahu a modul pružnosti mění v přechodové oblasti okolo teploty T_g skokově. Hodnota meze pevnosti je pak hodně ovlivněna mezimolekulárními silami a ohebností konkrétního řetězce. Nejnižší hodnoty T_g mají kaučuky, protože vykazují malé mezimolekulární síly a mají velmi ohebný řetězec.

Při teplotě T_f ztrácí polymery plastické vlastnosti a mění se na vysoce viskózní kapalinu. Po dalším zvýšení teploty dochází k poklesu mezimolekulárních sil a snižuje se viskozita taveniny. Pokud bychom taveninu dále zahřívali, dojde k degradaci plastu.

K největším změnám vlastností u semikrystalických plastů dochází okolo teploty T_m . Během zahřívání na teplotu tání dochází k rozpadu krystalů, mění se fáze hmoty z pevného stavu do kapalného. Samotné tání neprobíhá jen za teploty T_m , ale v určitém intervalu. Teplota tání je jen střední hodnotou intervalu tání. Hodnota teploty tání je podmíněna mezimolekulárními silami a velikostí makromolekul.

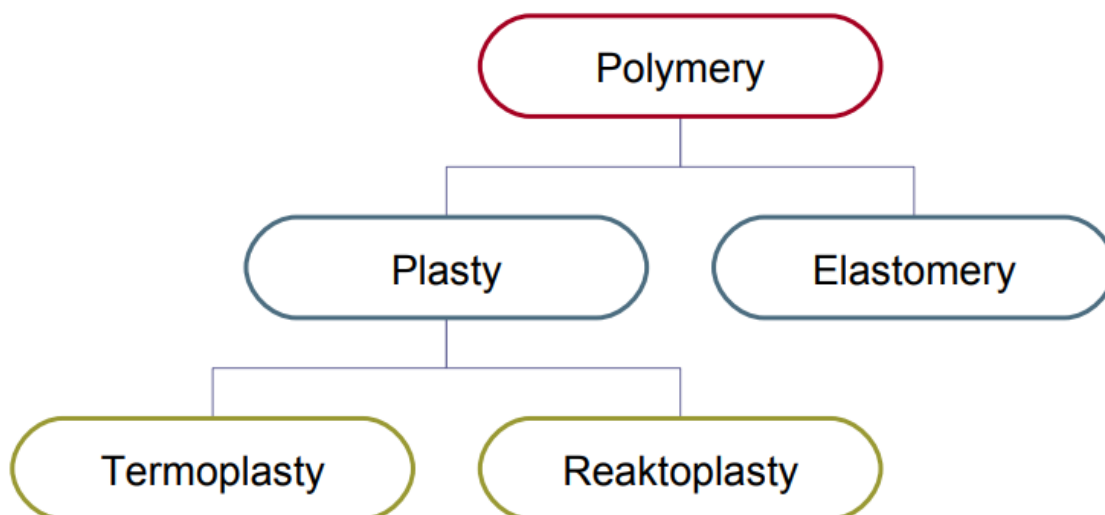
U semikrystalických plastů existuje i teplota skelného přechodu, která se týká hlavně amorfních oblastí ve vnitřní struktuře. I tato teplota znamená změny ve vlastnostech plastu. Velikost změn vlastností materiálu však významně závisí na množství amorfních oblastí ve struktuře. Jestliže má materiál vyšší krystalinitu, jsou změny vlastností pouze nepatrné (obr. 8). [5]



Obr. 8 Vliv krystalinity plastu na modul pružnosti ve smyku
Dostupné z: [6]

1.1.5 Klasifikace polymerů a plastů

Podle zpracovatelnosti při zahřátí dělíme polymery na dvě základní skupiny, plasty a elastomery, jak ukazuje obr. 9.



Obr. 9 Rozdělení polymerů
Dostupné z: [2]

Elastomery

Jedná se o polymerní látky, které při zahřívání změknou a lze je následně po omezenou dobu tvářet. Pokud bychom elastomery zahřívali dále, dojde k prostorovému zesíťování jejich vnitřní struktury. Tento proces se označuje jako vulkanizace. Existují ovšem elastomery, které vykazují stejné vlastnosti jako termoplasty a lze je tedy opakovaně tepelně zpracovávat.

Typickými elastomery jsou kaučuky [6], [7]

Plasty

Plasty se podle možností tepelného zpracování dělí na dvě skupiny, a to na termoplasty a reaktoplasty.

Termoplasty

Jsou to polymerní látky, které po zahřátí přechází do stavu neneutronovských kapalin. Díky této vlastnosti se dají snadno tvářet a dále zpracovávat. Zpět do tuhého stavu přecházejí semikrystalické polymery ochlazením pod teplotu tání T_m a amorfní polymery ochlazením pod teplotu viskózního toku T_f . Proces ohřívání a ochlazování lze u těchto plastů opakovat, termoplasty tedy lze opakovaně tepelně tvářet.

Typickými zástupci termoplastů jsou: PE, PP, PS, PVC, PA. Mezi termoplasty se řadí také ABS plast použitý v této práci. [6], [7]

Reaktoplasty

Podobně jako termoplasty i reaktoplasty po zahřátí změkknou a lze je tvářet. Na rozdíl od termoplastů je lze tvářet jen po určitou dobu. Pokud bychom je zahřívali dále, dojde k chemické reakci, jejímž následkem je zesíťování vnitřní struktury, tzv. vytvrzování. Reaktoplasty se dají tepelně zpracovávat jen jednou, pokud bychom je zahřáli znovu, dojde k jejich degradaci.

Typickými reaktoplasty jsou různé druhy pryskyřic, např. epoxidová pryskyřice [6], [7]

1.1.6 Pomocné přísady v plastech

Pomocné látky se do matrice plastů přidávají kvůli zlepšení jejich vlastností, dalším důvodem je usnadnění samotné výroby plastu, případně jeho dalšího zpracování.

Při syntéze plastů se často využívá iniciátorů polymerace, což jsou látky spouštějící mechanismus polymerační reakce. Ke kontrole průběhu reakce se využívají regulátory, které pomáhají udržovat potřebný průběžný stav reakce. K ukončení polymerační reakce slouží retardéry a inhibitory. Díky těmto látkám se průběh reakce zpomalí nebo úplně zastaví, záleží přitom na použitém množství dané pomocné látky.

Z hlediska technické praxe mají největší význam přísady, které ovlivňují zpracovatelnost a vlastnosti plastů. Mezi přísady ovlivňující zpracovatelnost plastů patří:

- maziva,
- změkčovadla,

- antistatika,
- nadouvadla,
- plniva,
- barviva.

Maziva jsou pomocné látky zlepšující tok plastu a adhezi k povrchu forem nebo obráběcích nástrojů. Dělí se na:

- vnější – aplikují se na povrch nástroje nebo samotného plastu,
- vnitřní – je nutné je smíchat s plastem a důkladně homogenizovat.

Mezi vnější maziva patří parafíny, které se používají při zpracování PVC. Dalšími vnějšími mazivy jsou kovové soli karboxylových kyselin, např. stearan vápenatý.

Vnitřními mazivy jsou karboxylové kyseliny nebo alkoholy. Při zpracování PVC se používají kyselina stearová, kyselina palmitová nebo stearylalkohol. [8]

Změkčovadla se stejně jako maziva používají pro zlepšení tokových vlastností plastů. Dalším důvodem jejich použití je snížení viskozity tavenin a zpracovatelské teploty plastů, což vede k ekonomičtější výrobě plastů. Změkčovadla mají vysoký bod varu, který může dosahovat až 250 °C. Patří mezi ně estery kyseliny ftalové, estery kyseliny trihydrogenfosforečné a estery dikarboxylových kyselin. [8]

Antistatika se přidávají do plastů z důvodu zvýšení jejich vodivosti. Další funkcí antistatik je eliminace tvorby statického náboje, což má vliv na ulpívání prachu. Jako antistatika slouží aminy, tenzidy, grafit, kovové prášky [8]

Nadouvadla slouží ke změně měrné hustoty plastu a tedy i hmotnosti, dále přidávají plastu tepelně izolační vlastnosti. Podle mechanismu účinku nadouvadla dělíme na:

- fyzikální – využívají odpařování tekutin (např. freony, pentan),
- chemické – využívají rozklad látek (např. azidy, uhličitán amonný). [8]

Plnidla jsou přísady, jejichž hlavní funkcí je zlepšení mechanických vlastností plastů, především pevnosti, tuhosti a tvarové stálosti. Rozlišují se dva základní typy plnidel:

- částicová plnidla: CaCO_3 , Al_2O_3 , kaolin a sklo,
- vláknitá plnidla – především uhlíková a skelná vlákna.

Do plastů se přidávají i spojovací látky zajišťující soudržnost plastu a plnidla. [8]

Barviva jsou přísady, jejichž jedinou funkcí je změna barvy matrice plastů. Slouží tedy především ke změnám estetických vlastností plastů. Jedná se většinou o pigmenty, které mohou být anorganické a organické povahy. Anorganickými pigmenty jsou například oxidy železa zabarvující plasty do ruda. Mezi velmi používané pigmenty patří saze, které zabarvují plasty do černa. Jejich přidáním se navíc zlepšuje světelná stabilita plastů. [8]

Další významnou skupinou přísad do plastů jsou přísady ovlivňující jejich životnost. Mezi takové přísady patří:

- antioxidanty,
- tepelné stabilizátory,
- světelné stabilizátory,
- retardéry hoření.

Jako **antioxidanty** se označují látky, které potlačují oxidaci a tím zabraňují degradaci plastů a prodlužují jejich životnost. Podle účinku se dělí na dva typy:

- primární – lapače radikálů, např. alkylované fenoly,
- sekundární – způsobují rozklad radikálů na neradikály, např. estery kyseliny fosforečné.

Často se jako přísady používají oba typy antioxidantů, přičemž se využívá jejich synergického působení. [8]

Tepelné stabilizátory se používají především pro výrobky z PVC, které se vyznačují špatnou teplotní odolností. Jedná se především o kovové kationty. [8]

Světelné stabilizátory jsou přísady zabraňující degradaci plastů vlivem světelného záření. Ze světelného spektra je pro plasty nejnebezpečnější oblast UV záření. Pro potlačení účinků tohoto záření se používají tzv. UV absorbéry. Jedním z takových absorbérů je grafitický uhlík, který se ve formě sazí přidává do hmot sloužících k výrobě pneumatik. [8]

Retardéry hoření

Retardéry hoření jsou pomocné látky, které mají primárně za úkol zpomalovat hoření polymerů. Nejedná se tedy o nehořlavé látky. Další funkcí retardérů je potlačování vzniku toxických zplodin hoření. Retardéry hoření jsou vesměs látky na bázi bromu, chlóru, fosforu, dusíku a kovových oxidů.

Samotnou retardaci hoření definujeme jako proces zpomalující šíření ohně na testovaném plastovém materiálu. Jedná se v podstatě o sled reakcí, které ve svém důsledku způsobují fyzikální nebo chemickou retardaci plamene. [9]

Použití retardérů hoření je vhodné především u plastů, které jsou v kontaktu s elektrickými rozvody. Vlivem přechodových odporů může docházet v rozvodech k nežádoucímu zahřívání, jehož následkem může být vzplanutí plastového krytu. Proto by bylo vhodné využít schopnosti retardérů také u ABS plastu, který byl použit ke kapotáži bateriové jednotky.

Fyzikální způsob retardace

Jedná se zpravidla o využití endotermních reakcí, které výrazným způsobem ochlazují materiál. Dalším možným řešením je zabránění přísunu kyslíku k plamenu pomocí ochranné vrstvy na povrchu plastu. Tato vrstva je schopna v případě zahoření uvolňovat oxid uhličitý, případně vodní páru. [9]

Chemický způsob retardace

Může se jednat o reakce probíhající v plynné fázi. Při těchto reakcích dochází ke snížení obsahu radikálů v plamenu. Výsledkem je uhašení hořícího plastu. Velkým negativem těchto reakcí je vysoká toxicita vznikajících plynů, především oxidu uhelnatého. Oxid uhelnatý jako inertní plyn je sice velmi dobrým retardérem hoření, ale pro člověka je vysoce jedovatý díky schopnosti vázat se na krevní barvivo hemoglobin. Jeho afinita k hemoglobinu je asi 200krát větší než afinita kyslíku k tomuto krevnímu barvivu.

Jinou možností retardace hoření je uvést plast do kapalného stavu, kdy jeho podstatná část od plamene odteče. Problém ovšem představuje vznik hořlavých kapalin. Další možnost retardace představuje tvorba zuhelnatělé vrstvy na pevném povrchu plastu. Tato vrstva zabraňuje přísunu kyslíku k povrchu plastu, což vede ke zpomalení šíření plamene. Zároveň se významně snižuje množství toxických spalin.

Zajímavý způsob retardace hoření představuje intumescence povrchu, neboli vytvoření povrchové pěnové vrstvy. Během zažehnutí plastu dojde k jeho nabobtnání, čímž se izoluje plastová matrice od ohniska hoření a hoření se dále nešíří. [9]

Dělení retardérů hoření

Retardéry hoření je možné třídit podle různých kritérií. Jedním z nich je způsob začlenění retardéru do plastové matrice. Podle tohoto kritéria se retardéry hoření dělí na následující typy.

- Reaktivní retardéry jsou začleňovány přímo do samotného plastu při jeho vzniku během polyreakce. Tyto retardéry jsou v plastu vázány chemicky. Jedná se o modifikované polymery s odlišnou vnitřní stavbou, než má čistý plast.
- Aditivní retardéry jsou v plastu vázány, na rozdíl od předešlého typu, fyzikálně. Přidávají se do plastu v průběhu polyreakce nebo až po ní. Díky fyzikální vazbě se z plastu snadněji uvolňují.

Jinou možností je klasifikace retardérů podle chemického složení. Rozlišují se následující typy retardérů.

- Retardéry obsahující halogeny. Většinou se jedná o retardéry obsahující sloučeniny bromu a chlóru, které působí během hoření jako inhibitory plamene. Jód se nepoužívá kvůli špatné tepelné stabilitě. Tyto typy retardérů se využívají u styrenových polymerů, aromatických polyesterů, polykarbonátů, polyamidů, polyolefinů, PVC a PU.
- Fosforové retardéry hoření. Principem retardace hoření pomocí fosforu je potlačení radikálových reakcí, které probíhají v plynné fázi během hoření. Vedlejším účinkem je snížení vzniku oxidu uhličitého jako produktu dokonalého hoření a zvýšení množství produktů nedokonalého spalování, jako jsou saze a oxid uhelnatý. Mezi fosforové retardéry patří červený fosfor, anorganické fosfáty, organické fosfáty a sloučeniny fosforu s chlórem.
- Retardéry obsahující anorganická plniva. Jejich výhodou při hoření je endotermický rozklad, který zpomaluje spalování plastů. Dalšími přednostmi těchto retardérů jsou nízká toxicita, nízká pořizovací cena a snadná dostupnost. Nejčastěji se používá hydroxid hlinitý a hydroxid hořečnatý.
- Retardéry s obsahem boru. Retardace probíhá pomocí odbourávání vody, což vede ke snížení množství kouře. Zároveň se na povrchu plastu tvoří skelná vrstva, která zabraňuje přísunu kyslíku k plastu a tím potlačuje jeho hoření. Používá se oxid boritý, boritan zinečnatý, pentaboritan amonný a kovové boritany.

- Retardéry s obsahem křemíku. Využívají se sloučeniny křemíku, které se aplikují jak aditivně, tak reakčně. Nejběžněji používanými retardéry tohoto typu jsou silikony, silany, oxid křemičitý a silikáty. [9]

1.2 Technologie zpracování plastů

Plasty je možné zpracovávat různými technologiemi. Způsob zpracování záleží především na typu plastu. Důležitou roli hraje také funkce výsledného produktu a požadavky, které jsou na výsledný produkt kladeny. Díky široké škále druhů plastů existuje i velké množství technologií k jejich úpravě.

Jednou ze základních technologií zpracování plastů je tváření. Jedná se o technologii využívající působení teploty a tlaku na materiál. Tváření plastů může být realizováno různými způsoby. Může se jednat například o vstřikování, lisování, vytlačování, válcování nebo odlévání plastů.

Jinou technologií zpracování plastů jsou tvarovací technologie. Principem je změna tvaru polotovaru bez většího přesouvání částic v samotném polotovaru. Tvarování může probíhat za zvýšené teploty a tlaku, ale není to pravidlem. Mezi tvarovací technologie řadíme ohýbání plastových trubek, obrábění plastů nebo spojování a spékání plastů.

Kromě výše uvedených technologií zpracování plastů existují ještě další doplňkové technologie, které se používají buď k úpravě samotné hmoty, jako je míchání, sušení a granulace, nebo k finální úpravě plastu, jako je například potiskování či natírání. [10]

1.2.1 Příprava plastů před zpracováním

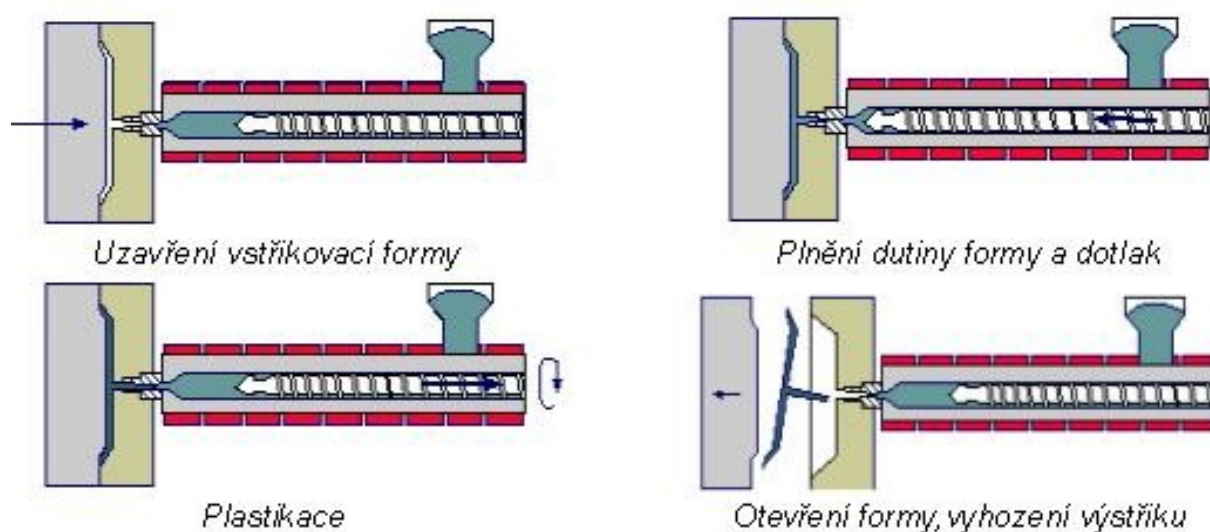
Plasty musí projít před zpracováním přípravnými technologiemi, které představují mezistupeň mezi výrobou polymeru a jeho finálním zpracováním. Cílem těchto technologií je odstranit z polymeru nežádoucí příměsi, jakými jsou voda a těkavé látky, a zajistit, aby měl polymerní polotovar požadované chemické a fyzikální vlastnosti. Proto se během přípravných procesů přidávají do polymeru příměsi ovlivňující jeho vlastnosti. Další úlohou přípravných procesů je tvarování polymerního polotovaru. Jedná se nejčastěji o přípravu polymerů ve formě granulátu nebo prášku, někdy může být polymer dokonce v kašovitě formě. Příprava plastů zahrnuje několik úkonů:

- Doprava nebo přeprava materiálu – granulát, popřípadě prášek, je nutné dostat k výrobní lince. K tomuto účelu se používá manuální přeprava, mohou být využity i různé dávkovače a přepravní potrubí.

- Sušení – týká se hygroskopických plastů, které snadno nasávají vodu. Obsah vody v plastu může velmi negativně působit na jeho výsledné vlastnosti. Proto je nutné plastový polotovary před zpracováním vysušit. Např. ABS plast je silně hygroskopický a jakákoliv vlhkost negativně ovlivňuje jeho výrobu a zpracování.
- Míchání – představuje závěrečnou operaci přípravy plastu. Jedná se o smíchání všech potřebných látek s polymerním polotovarem s cílem vytvořit homogenní směs. K tomuto úkonu se využívají nejrůznější míchací zařízení. [10], [11]

1.2.2 Vstřikování plastů

Vstřikování je dnes nejpoužívanější technologií zpracování plastů. Tímto způsobem je možné zpracovávat termoplasty a elastomery, některé reaktoplasty a dokonce i kaučuky. Hlavní předností této technologie je vysoká produktivita a možnost přípravy tvarově složitých dílů. V principu se jedná o podobnou technologii, jakým je tlakové lití. Vstřikování plastů je cyklický proces, jehož principem je vstříknutí předem určené dávky taveniny plastu do uzavřené dutiny formy (obr. 10). Tavenina je přitom umístěna v tlakové komoře, která je součástí vstřikovacího zařízení. Po vytvrzení taveniny je z formy vyjmut skoro hotový výrobek. Výhodou této metody zpracování plastů je minimální nutnost povrchové úpravy výrobku vytaženého z formy. Dalším kladem je relativně vysoká rychlost cyklu výroby a rozměrová přesnost vyráběných dílů. Negativem jsou vysoké pořizovací náklady na vybavení a prostorová náročnost na umístění vstřikovacích strojů. [12], [13]



Obr. 10 Popis cyklu vstřikování

Dostupné z: [14]

Popis vstřikovacího cyklu

Na počátku cyklu je otevřená a prázdná forma. Cyklus začíná přísunem pohyblivé části formy, po kterém následuje uzavření formy. Na uzavření je potřeba mnohem větší tlak než na přísun pohyblivé části formy.

Po uzavření formy se uvede do pohybu šnek v tavicí komoře a začne vlastní vstřikování taveniny plastu do dutiny formy. Vstřikování probíhá tak dlouho, dokud není dutina formy zcela naplněna. Po jejím naplnění je tavenina ještě dále stlačena kvůli zlepšení zabíhavosti.

Chladnutí taveniny probíhá kontinuálně od prvního doteku plastu s povrchem formy až do vyjmutí finálního výrobku z formy. Chladnutí taveniny je ovšem často doprovázeno jejím smršťováním. Aby se tomu zabránilo, je do formy stále dotlačován další plast pomocí šneku v tavicí komoře.

Výrobní cyklus končí vyjmutím ochlazeného a ztuhlého výrobku z formy. Tomuto kroku může ještě někdy předcházet odsunutí tavicí komory.

Celý proces vstřikování a jednotlivé doby vstřiku jsou výrazně ovlivněny použitým plastem a především dobou jeho tuhnutí. Mezi další faktory ovlivňující vstřikování patří velikost výrobku, jeho tvarová složitost a tloušťka stěny výrobku. [13], [14]

1.2.3 Lisování plastů

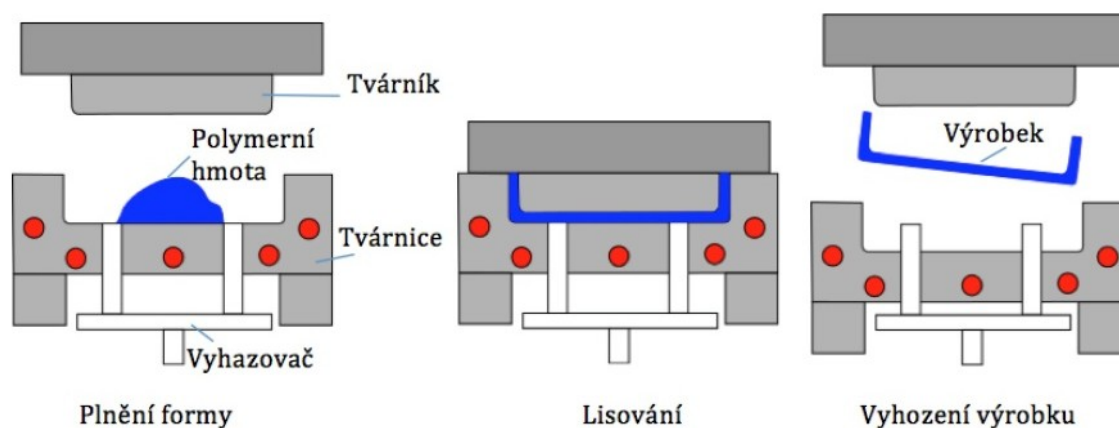
Lisování byla jedna z prvních technologií zpracování plastů, především reaktoplastů. Dnes je tato metoda nahrazována vstřikováním plastů. Důvodů pro tento krok je několik. Hlavním důvodem je urychlení výroby, dalším pak snížení finanční náročnosti výroby. Lisování plastů totiž vyžaduje využití dalších dodatečných operací, což výrobu značně prodražuje. Principem lisování je deformace plastu do požadovaného tvaru pomocí působení tlaku. Lisování probíhá v kovové vytápěné formě a umožňuje výrobu tvarově ne příliš složitých dílů. Základními parametry lisování jsou:

- Lisovací tlak – má zásadní vliv na kvalitu povrchu výrobku. Závisí především na druhu použité hmoty a tvaru výrobku. Pohybuje se v rozmezí od 10 do 60 MPa.
- Lisovací teplota – jedná se vlastně o teplotu lisovací formy. Důležitá je rovnoměrnost rozložení tepla. Hodnota lisovací teploty závisí na typu použitého plastu. Pohybuje se v intervalu od 130 do 190 °C.
- Doba vytvrzení – stanovuje se podle tloušťky stěn výrobku.

Lisování lze dělit podle použitého tlaku na nízkotlaké a vysokotlaké. Hranicí mezi oběma způsoby je hodnota tlaku 3,5 MPa. [15], [16]

Popis lisovacího cyklu

Průběh lisování plastů názorně ukazuje obr. 11. První fází pracovního cyklu je naplnění dutiny lisovacího nástroje přesným množstvím plastové hmoty. Může se jednat o prášek, tabletu nebo kaši. Při styku plastové hmoty s vyhřátou formou dojde nejprve k jejímu rozprostření. Poté následuje stlačení hmoty pomocí tvárníku formy. Po stlačení dojde k odlehčení a částečnému otevření formy, díky čemuž se forma odplyní. Před vyjmutím plastu z formy ještě dochází k vytvrzení výrobku. Jde o časově nejnáročnější úkon, při kterém se uvnitř plastu tvoří zesíťovaná struktura. Doba vytvrzení závisí na tloušťce stěn vyráběných dílů. [15], [16]



Obr. 11 Průběh lisování plastů

Dostupné z: [16]

1.2.4 Vakuové tvarování plastů (vakuování)

Vakuování je metoda vhodná pro zpracování termoplastů. Využívá specifické fyzikální a chemické vlastnosti termoplastů, které umožňují jejich opakované zahřívání a tvarování. Jedná se o speciální metodu lisování plastů za použití vakua, kterou se zpracovávají deskové polotovary tloušťky od 0,3 mm do 6 mm.

Tato metoda má širokou škálu uplatnění. Kromě automobilového průmyslu se používá i v leteckém průmyslu, zemědělství, architektuře a k výrobě plastových dílů k počítačům. Plasty vhodné k vakuování jsou ABS, PS, PC, PP, PE a PVC. [17], [18]

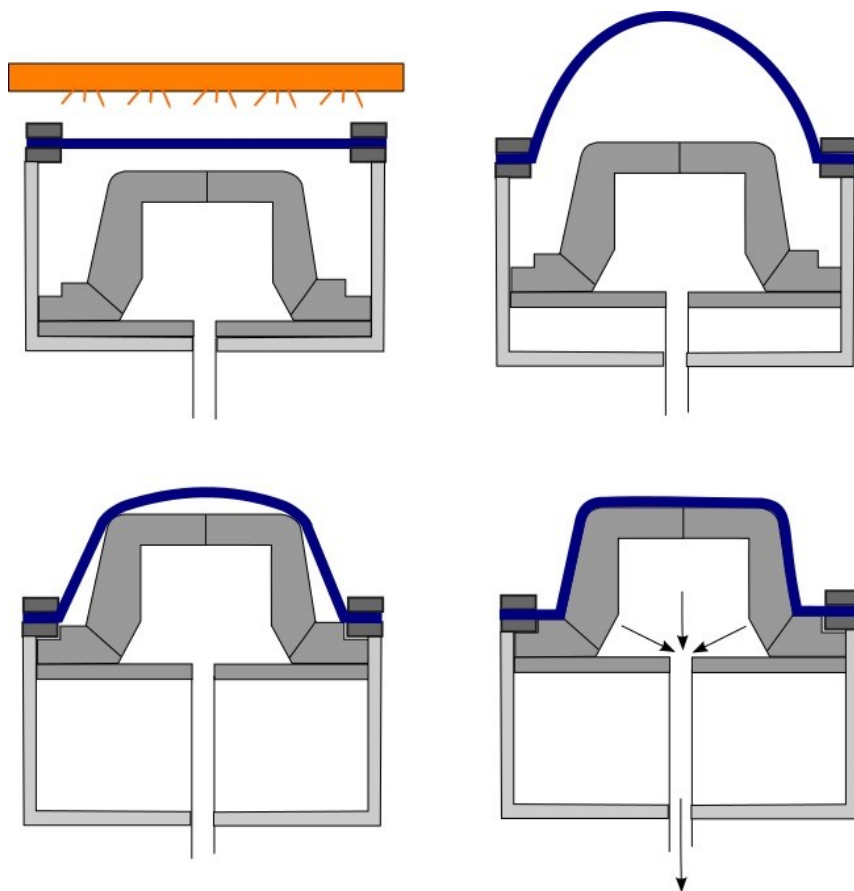
Postup vakuového tvarování

Před samotným vakuováním je nutné deskový polotovar nejprve upravit na správný rozměr, který je dán velikostí lisu a jeho upínacího zařízení. Ořezání polotovaru se provádí

speciálními nůžkami na plastové desky nebo pomocí laseru, což je sice přesnější, ale finančně náročnější. Negativní vlastností některých plastů je absorpce vlhkosti, proto je někdy nutné před vakuováním polotovaru vysušit.

Vlastní vakuové tvarování popisuje obr. 12. Prvním krokem tohoto způsobu tvarování plastů je umístění ořezaného a vysušeného deskovitého polotovaru o tloušťce až 6 mm do upínacího rámu. K tomuto účelu se nejčastěji používají hydraulické nebo pneumatické mechanismy.

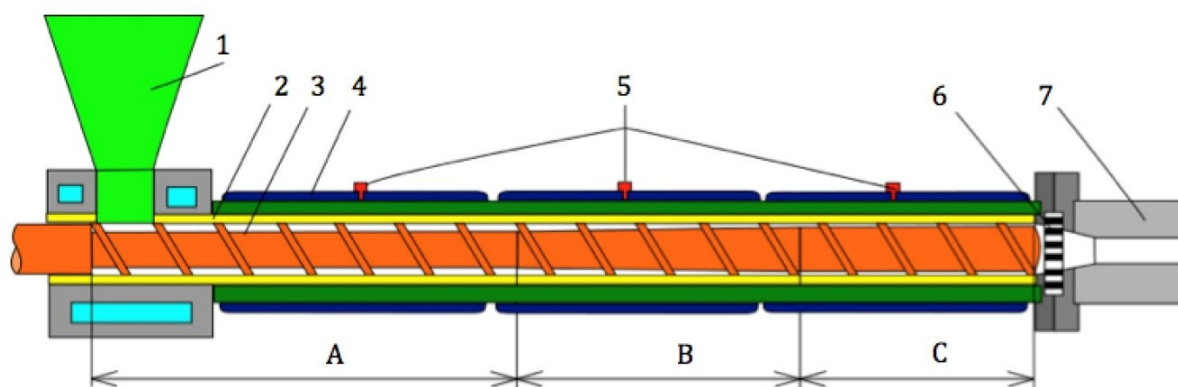
Uchycený polotovar se zahřeje na předem stanovenou teplotu, která závisí na typu použitého plastu. Ohřev musí být rychlý a přitom rovnoměrný, je uskutečňován topnými tělesy, například infračervenými nebo elektrickými odporovými zářiči či keramickými topnými tělesy. Následuje přisunutí spodní části formy a odsátí vzduchu pomocí kanálu v její spodní části. K odsátí vzduchu se používá vývěva. Její velikost a výkon se volí podle velikosti požadovaného dílu. Odsátím vzduchu vzniká v pracovním prostoru formy podtlak, který přinutí nahřátý termoplast přesně se přimknout ke spodní části formy a tím dokonale zkopírovat její tvar. Po vakuování následuje ochlazení a odebrání dílu. [17], [18]



Obr. 12 Postup vakuování
Dostupné z: [19]

1.2.5 Vytlačování plastů

Vytlačování je běžný způsob zpracování plastů, kterým se vyrábí široký sortiment polotovarů. Jedná se vesměs o polotovary s konstantním průřezem, jakými jsou např. desky, profily, trubky a tyče. Zpracování plastů vytlačováním se provádí pomocí vytlačovacích strojů, kterým se říká extrudéry. Konstrukce extrudéru je schematicky znázorněna na obr. 13.



Obr. 13 Schéma extrudéru

Dostupné z: [19]

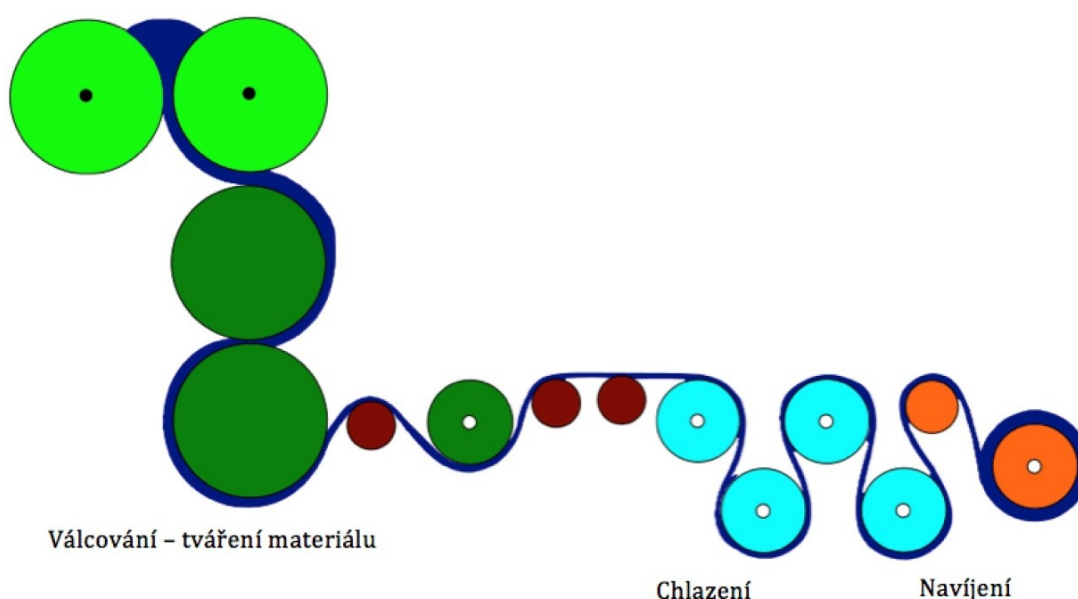
Z obrázku je zřejmé, že každý extrudér se skládá z následujících částí:

1. Násypka – místo, kde se do extrudéru nasype granulát plastu, který chceme zpracovat.
2. Válec – slouží jednak k vedení šneku, dále k uvedení granulátu do plastického stavu. Dělí se na tři pracovní zóny: vstupní (A), přechodovou (B) a výstupní (C). Každá zóna má své vlastní vytápění s možností regulace teploty. Ve vstupní zóně A probíhá plnění a prvotní zahřátí granulátu. V přechodové zóně B dochází k plastifikaci granulátu a jeho stlačení. Výstupní zónou C se materiál vytlačuje přes lamač se sítím do vytlačovací hlavy extrudéru.
3. Šnek – funkcí šneku je posuv materiálu skrze válec až k lamači. Stejně jako válec i šnek se dělí na tři zóny: vstupní, kompresní a výstupní.
4. Elektrické topění – složí k zahřátí granulátu a udržuje ho v plastickém stavu po celou dobu vytlačování.
5. Termočlánky – měří teplotu v již zmíněných zónách vytlačovacího stroje.
6. Lamač s usměrňovacím sítím – je zařízení, které zabraňuje průchodu neroztaveného granulátu do vytlačovací hlavy.
7. Vytlačovací hlava – udává požadovaný výsledný tvar polotovaru. [20], [21], [22]

1.2.6 Válcování plastů

Válcování je technologický postup sloužící k výrobě plastových fólií. Tloušťky těchto fólií se obvykle pohybují od 0,17 mm do několika milimetrů. Válcováním se nejčastěji zpracovávají termoplasty, kaučuky a především PVC.

Válcování je uskutečňováno pomocí válcovacích strojů neboli kalandrů. Schéma kalandrovací linky ukazuje obr. 14. Kalandr se skládá ze čtyř rotujících válců. Do mezery mezi první dva válce se dávkuje polymerní materiál. Oba válce rotují proti sobě s nepatrným skluzem, čímž dochází k deformaci materiálu. Úlohou zbylých válců je zajistit požadovanou tloušťku vyráběné fólie a její hladký povrch.



Obr. 14 Kalandrovací linka

Dostupné z: [19]

Kalandrovací linky jsou jak prostorově, tak i finančně velmi náročná zařízení. Výhodou této metody oproti metodě vytlačování je menší teplotní namáhání plastu během zpracování a snadnější výměna zpracovávaného materiálu. [23], [24]

1.2.7 Odlévání plastů

Odlévání je technologie zpracování plastů, kterou lze použít na termoplasty i reaktoplasty. Principem odlévání je uvedení plastu do tekutého stavu a následné nalití do formy. Tímto způsobem se vyrábějí plastové díly bez vnitřního pnutí. Výhodou této technologie je možnost výroby několika plastových dílů najednou. Negativem je naopak malé množství plastů, které je možné odlévat, menší rozměrová přesnost výrobků a dlouhý proces výroby.

Podle použitých mechanismů se odlévání plastů dělí na gravitační, rotační a odstředivé.

- Gravitační lití – je nejjednodušší způsob odlévání. Protože na materiál během lití působí pouze hydrostatický tlak, je nutné vybírat hmoty s dobrou zabíhavostí. Formy pro gravitační lití mohou být kovové, skleněné nebo plastové. Během lití jsou formy zahřáty tak, aby bylo zajištěno rovnoměrné chladnutí nalité hmoty.
- Rotační lití – využívá rotace odlévací formy. Forma se naplní přesně odměřeným množstvím hmoty, uzavře se a přesune do vyhřívané komory. Zde se zahřeje a zároveň začne rotovat kolem dvou kolmých os s různou rychlostí otáčení. Otáčky se pohybují pod hodnotou 50 ot/min. Nakonec se forma ochladí. Délka cyklu je závislá na tloušťce stěny výrobku. Rotační lití se používá k výrobě nádrží na kapaliny, krytů a vík. Jeho výhodou je možnost, vyrábět nádoby s velkým objemem.
- Odstředivé lití – využívá podobného principu jako rotační lití s tím rozdílem, že se forma točí pouze kolem jedné osy. Otáčky jsou mnohem vyšší, dosahují hodnoty až 1500 ot/min. Výhodou tohoto postupu je vysoká homogenita výrobku a levná výroba rotačních dílů.[25]

2 Možnosti obrábění plastů

Plasty se obrábějí podobně a na stejných obráběcích zařízeních jako například kovy nebo dřevo. Závažným problémem u obrábění plastů je jejich nízká teplota tavení. Proto je nutné během obrábění zabránit nadměrnému zahřívání plastů.

Geometrie použitých nástrojů se volí podle specifických vlastností každého plastu. Při obrábění plastů se doporučuje používat ostré obráběcí nástroje, zajistit co největší posuv plastu a odvod třísek a používat chladicí média. Plasty se vyznačují malou tepelnou vodivostí, proto může během obrábění docházet k většímu tepelnému namáhání nástroje. Dalším negativem může být velká přilnavost plastů na břit nástroje. [26]

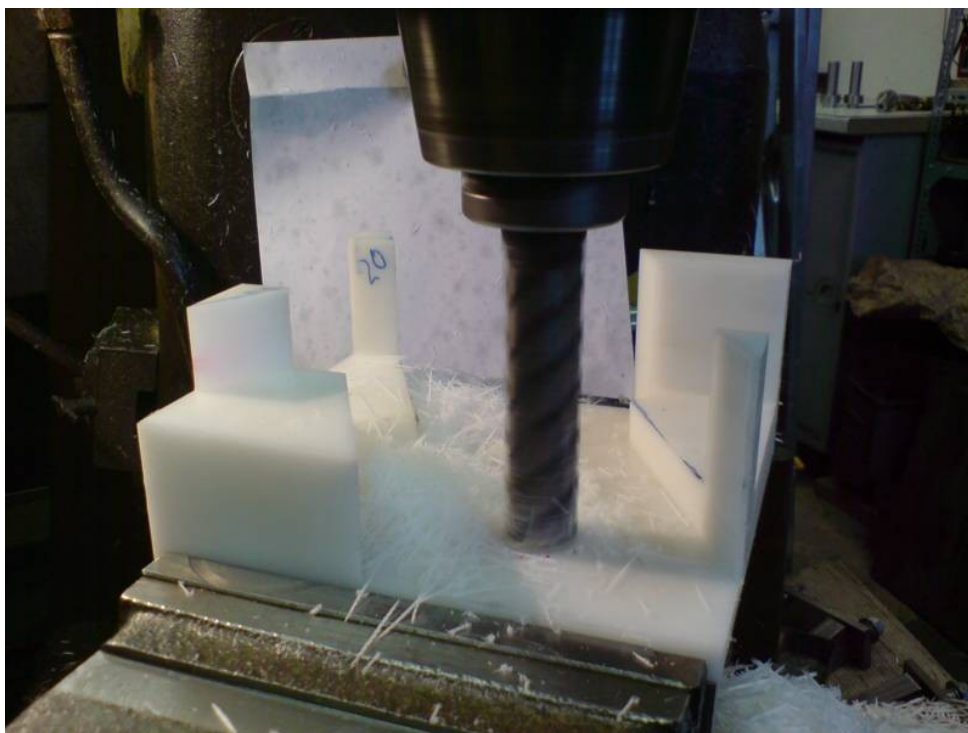
K obrábění plastů slouží následující technologie:

- frézování,
- soustružení,
- vrtání,
- řezání,
- ořezávání.

2.1 Technologie obrábění plastů

2.1.1 Frézování plastů

Frézování je velmi častým způsobem obrábění plastů. Velkou výhodou frézování je výroba tvarově velmi složitých dílů, které mohou být rotační i nerotační. Samotné frézování probíhá ve strojích, kterým se říká frézky, a nástroje používané ve frézkách se označují jako frézy. Při frézování plastů rotační pohyb nekoná obrobek, ale obráběcí nástroj (obr. 15).



Obr. 15 Frézování plastů
Dostupné z: [27]

Pro frézování plastů se používají obdobné frézy jako pro obrábění lehkých kovů. Nejčastěji se jedná o frézy s jedním až třemi břity. Jednobřité frézy jsou vhodné pro obrábění dílů, u nichž se kombinuje plast s jiným materiálem rozdílné tvrdosti. Dvoubřité frézy jsou vhodné k obrábění sendvičových materiálů, neboli materiálů s kombinací plastu a textilie. Třibřité frézy jsou určeny k obrábění vyztužených plastů, kde výztuž tvoří vláknité materiály, například uhlíková nebo skelná vlákna. Použité břity fréz musí být správně naostřeny, aby nedocházelo k degradaci povrchu plastového obrobku. Asi nejpoužívanějším materiálem pro břity jsou rychlořezné oceli. Dále se používají také břity ze slinutých karbidů nebo z umělého diamantu. Těmito materiály se řezou především vyztužené plasty. Řezné podmínky se volí podle typu obráběného plastu. Řezná rychlost se nejčastěji pohybuje v rozmezí 50 – 500 m/min. Hodnota posuvu je přibližně 0,05 mm/ot. [28], [29]

2.1.2 Soustružení plastů

Soustružení je technologie obrábění vhodná především pro rotační součásti. Během soustružení vykonává rotační pohyb obrobek, který je uchycen ve sklíčidle ve vřetenu soustruhu. Soustružnické nože uchycené v suportu vykonávají pouze posuv směrem k vřetenu soustruhu. Používají se stejné nože jako pro obrábění kovů. Většinou se jedná o nože ze slinutých karbidů.



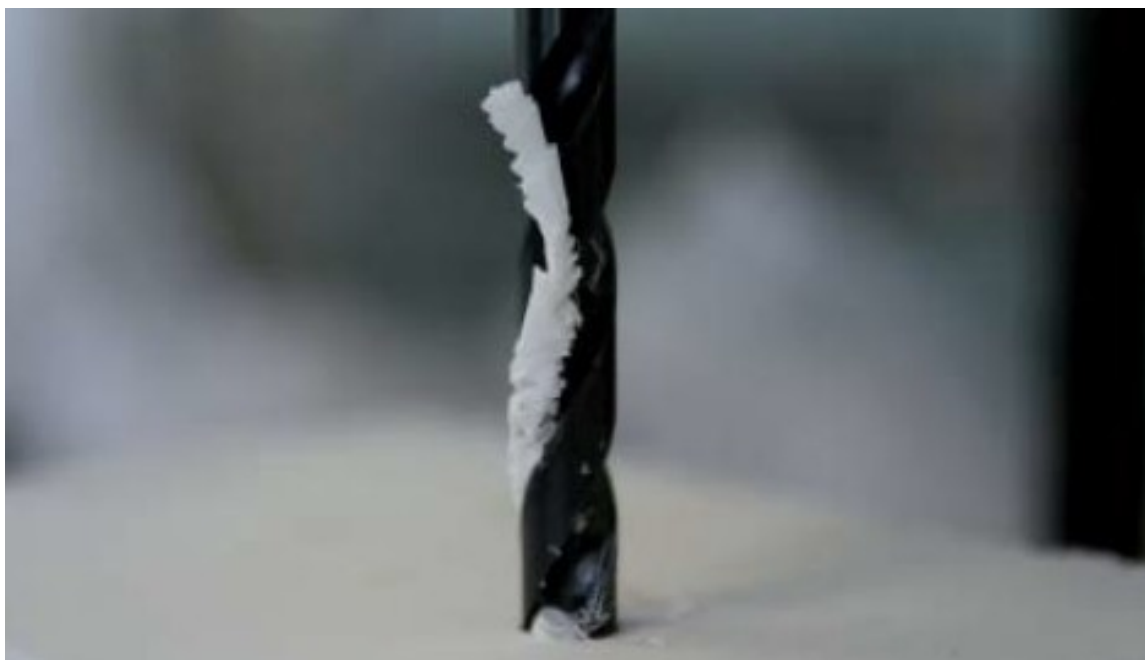
Obr. 16 Soustružení plastů
Dostupné z: [27]

Hlavním rozdílem při soustružení plastů oproti soustružení kovů je tvorba dlouhé třísky (obr. 16). Proto je nutné zajistit odvod třísek, jinak by mohlo docházet k namotávání třísky do vřetene nebo sklíčidla. Ideální řezná rychlost pro soustružení leží v rozmezí 150 – 500 m/min, záleží na typu soustruženého plastu. Posuv pro soustružení plastů se pohybuje od 0,05 – 0,5 mm/ot. [12], [30]

2.1.3 Vrtání plastů

Další běžnou technologií pro obrábění plastů je vrtání, k němuž se používají vysokorychlostní šroubové vrtáky. Během vrtání vzniká velké množství tepla a dlouhé třísky, jak ukazuje obr. 17. Doporučuje se proto v případě hlubokých otvorů vrták vytahovat, případně používat vhodné chladicí médium. Při špatném odvodu tepla a třísek by mohlo dojít

k tepelné degradaci materiálu a natavování třísek ulpěných na vrtáku. Při vrtání velkých otvorů je vhodné si nejprve předvrtat menší průměr díry, teprve pak vrtat finální rozměr.



Obr. 17 Vrtání plastu
Dostupné z [30]

Doporučená řezná rychlost je 25 až 100 m/min. Posuv pro vrtání plastů bývá 0,1 – 0,3 mm/ot. [29]

2.1.4 Ořezávání a řezání plastů

Pro řezání a ořezávání plastů se používají nejčastěji pásové nebo kotoučové pily. Trubkovité a hranolovité plastové polotovary se většinou řežou na pásových pilách. Pro řezání desek jsou vhodné kotoučové pily s vysokou rychlostí posuvu, které zaručují dobrý odvod třísek.

Pro ořezávání složitých tvarů vytvořených lisováním, při němž vznikají technologické přebytky, není možné použít kotoučovou pilu, a proto se používají frézky. V CAD/CAM rozhraní se vytvoří program pro ořez polotovaru, který se nahraje do řídicí jednotky dané frézky nebo jiného CNC obráběcího stroje, který pak odstraní technologické přebytky.

Další možností ořezávání je použití laseru. Při řezání laserem odpadají problémy se změnou barvy výrobku nebo s vysokou prašností, které jsou typické pro mechanické řezání. Laser je také přesnější a spolehlivější. Umožňuje až 100 000 hodin nepřetržitého provozu. V dnešní době je laserové řezání spojené s robotickými systémy. Obr. 18 například zachycuje robotický systém Stäubli. [29]



Obr. 18 Laserový řezací robot Stäubli
Dostupné z: [31]

2.2 Podmínky obrábění

Chlazení

Pro běžné obrábění plastů není chlazení nutné. To se používá hlavně u vrtání a řezání velkých průměrů. Pokud chlazení použijeme, získáme lepší kvalitu povrchu a je možné obrábět s menšími tolerancemi. Většinou se k chlazení používají běžné chladicí emulze. Některé plasty ovšem mohou po užití běžných emulzí projevovat náchylnost k vnitřnímu praskání. V takových případech se k chlazení užívá voda nebo stlačený vzduch. [12]

Tolerance při obrábění plastů

Tolerance při obrábění plastů jsou vyšší než v případě obrábění kovových materiálů. Příčinou jsou vysoké teplotní koeficienty roztažnosti u plastů. Další negativní vlastností plastů, která má vliv na přesnost obrábění, je absorpce vody. Nelze opomenout ani vnitřní pnutí, které vzniká převážně u plastových obrobků s velkým rozdílem průměru stěn. [12]

3 Lepení plastů

Lepení je jedním ze způsobů spojování dvou součástí. Mezi jeho největší klady patří možnost spojovat dohromady různé druhy materiálů s odlišnými tloušťkami. Dalším

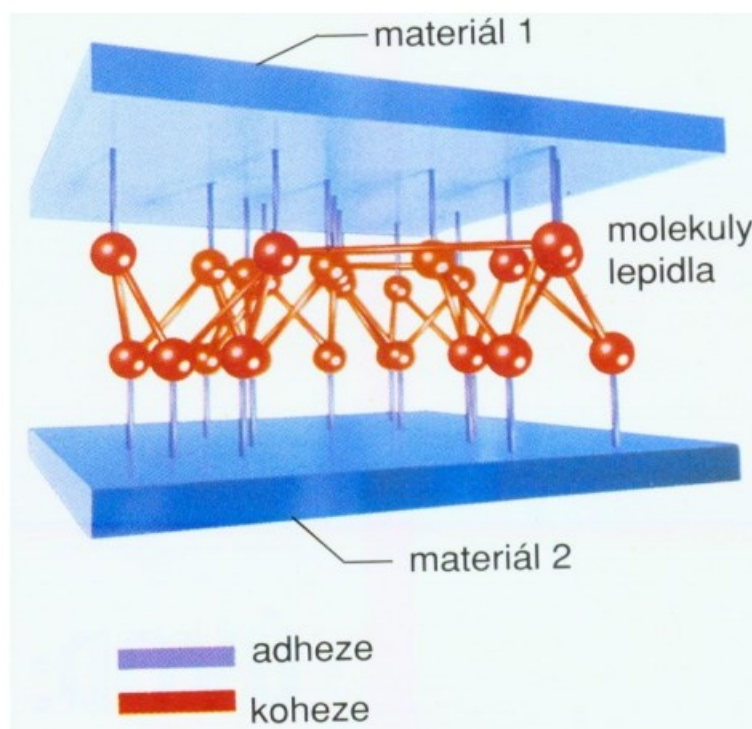
pozitivem lepení je fakt, že nedochází k narušení struktury materiálu, jako např. u nýtování nebo svařování. Vzniklý spoj je nepropustný a vyniká rovnoměrným rozložením napětí během zatížení. Negativem lepení je nutnost dokonalé přípravy povrchů lepených materiálů. Po slepení dvou dílů často následuje časová prodleva nutná pro vytvrzení vzniklého spoje. Velkou nevýhodou oproti svařování je nízká teplotní, mechanická a někdy i chemická odolnost lepeného spoje.

Samotné lepidlo je látka nebo směs látek, které drží oba lepené díly pohromadě. Princip lepení je založen na adhezi, neboli přilnavosti lepidla na lepenou součást, a kohezi, což je soudržnost lepeného spoje. [32]

3.1 Princip adheze a koheze

Koheze je definována jako stav lepidla nebo látky, ve kterém je dosaženo soudržnosti pomocí mezimolekulárních sil. Hodnotu velikosti koheze definuje kohezní energie. Jedná se o energii, kterou je třeba vynaložit k odtržení jedné částice od ostatních.

Adheze je definována jako přilnavost dvou povrchů pomocí adhezních sil. Její příčinou jsou fyzikální síly působící v mezimolekulových a chemických vazbách. Přilnavost lepidla pak značně ovlivňuje jeho molekulární struktura. Působení adhezních a kohezních sil při lepení plastů ukazuje názorně obr. 19.



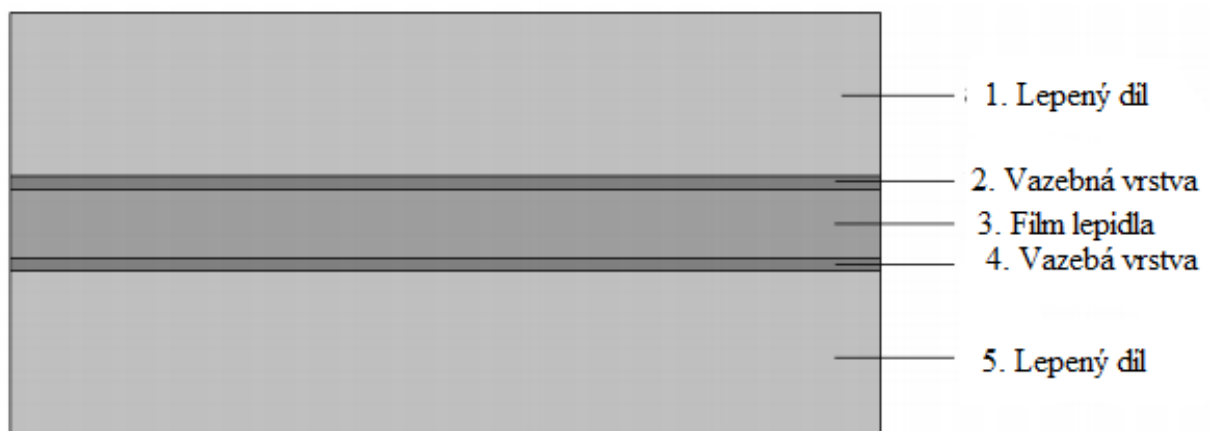
Obr. 19 princip adheze a koheze
Dostupné z: [33]

Podle povahy adhezních sil rozlišujeme následující typy adheze.

- Elektrostatická adheze. Jedná se o spoj založený na dvojité vrstvě dotýkajících se materiálů. Soudržnost spoje je zajištěna opačným nábojem dotýkajících se desek.
- Mechanická adheze. Principem je průnik tekuté hmoty lepidla do trhlin v základním materiálu.
- Difuzní adheze. Jedná se o podobný princip jako v případě mechanické adheze. Rozdíl je pouze v tom, že difuze probíhá na molekulární úrovni.
- Chemická adheze. Spojení materiálů je realizováno prostřednictvím primárních chemických vazeb vznikajících na dotykových plochách. [33], [34], [35]

3.2 Struktura a vlastnosti lepeného spoje

Struktura lepeného spoje je tvořena pěti navzájem vázanými vrstvami, jak ukazuje obr. 20. Soudržnost těchto vrstev, a tedy pevnost spoje, je ovlivněna především fyzikálními a chemickými vlastnostmi lepidla.



Obr. 20 Struktura lepeného spoje
Dostupné z: [34]

Základní podmínkou pro vytvoření lepeného spoje je jeho správná konstrukce. Tím se rozumí především vhodný výběr lepeného materiálu a lepidla. Vlastnosti spoje dále ovlivňuje povrchová úprava lepených materiálů a správně zvolený postup lepení. Ten závisí jednak na správném výběru lepidla, dále pak na správné volbě mechanických a fyzikálních podmínek vzniku lepeného spoje. [33], [34], [35]

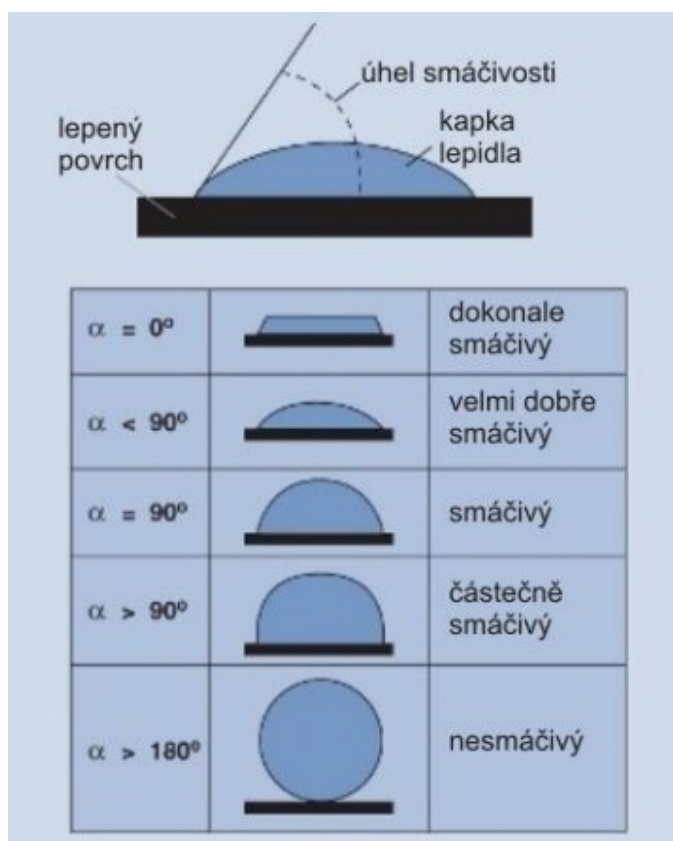
3.3 Činitelé ovlivňující vlastnosti lepeného spoje

Na lepený spoj má vliv velké množství činitelů, které je možné rozdělit do tří skupin. První skupinu tvoří činitelé spojení s vlastnostmi povrchu lepeného materiálu. Druhou skupinou jsou samotné vlastnosti použitého lepidla a poslední skupinu tvoří vlastnosti vzniklého lepeného spoje. [34]

3.3.1 Vlastnosti povrchu lepeného materiálu

Prvním důležitým faktorem ovlivňujícím pevnost a soudržnost lepeného spoje jsou vlastnosti povrchu lepených materiálů. Pro zaručení pevnosti spoje je zapotřebí co nejlepší souběžnost obou lepených ploch. Velkou roli hraje drsnost povrchu. Pokud zvolíme lepidlo s dobrou zabíhavostí, je vhodný drsnější lepený povrch. U méně zabíhavých lepidel je naopak nutný co nejhladší povrch. Mezi základní přípravné operace tedy řadíme broušení nebo leštění povrchů.

Druhou důležitou vlastností je smáčivost povrchu, která by měla být co největší. Lze ji definovat pomocí tzv. úhlu smáčivosti, jak ukazuje obr. 21. Z obrázku vyplývá, že velmi dobře smáčivé povrchy mají úhel smáčivosti výrazně menší než 90° .



Obr. 21 Smáčivost povrchu

Dostupné z: [33]

Pozitivní vliv na smáčivost má dodatečná úprava lepeného povrchu, např. odmaštění. Ke zvýšení smáčivosti se někdy přidávají do samotného plastu tzv. smáčedla, čili látky snižující povrchového napětí.

Dobrou soudržnost lepidla s lepeným materiálem zaručuje také čistota povrchu. Proto je nutné lepené povrchy zbavit mechanických nečistot, které mohly na materiálu ulpět během výroby a manipulace s ním.

Pro samotné tuhnutí lepidla je důležitá i propustnost lepeného materiálu. Při nedostatečném odvodu plynů vznikajících během tuhnutí lepidla by mohlo dojít k nedokonalému ztuhnutí lepidla a tím následně ke špatné soudržnosti spoje.

Další důležitou vlastností je teplotní roztažnost lepeného materiálu. Plasty jsou obecně málo tepelně odolné materiály, u kterých se působením teploty zvětšuje jejich délková roztažnost. V lepeném spoji se pak vytváří napětí, které má negativní vliv na jeho pevnost. [33]

3.3.2 Vlastnosti lepidla

Zásadní vliv na vlastnosti lepeného spoje má druh použitého lepidla. Důležitým aspektem při jeho výběru je viskozita. Viskozita je definována jako míra vnitřního tření v kapalině. Pokud má lepidlo příliš vysokou viskozitu, bude docházet ke špatnému nanášení na lepený povrch. Dalším problémem bude špatná zabíhavost a difuze s lepeným povrchem. Proto je nutné vybírat lepidla s nižší viskozitou.

Důležitým parametrem je také homogenita lepidla. Jednosložková lepidla většinou problém s homogenitou nemívají, ale u vícesložkových lepidel je třeba dbát na správné smísení všech komponentů. Například u lepidel, u nichž je nutné přidávat vytvrzující složky, je třeba dbát na správný poměr komponentů. V opačném případě by mohlo dojít buď ke špatnému, nebo naopak k předčasnému vytvrzení lepidla.

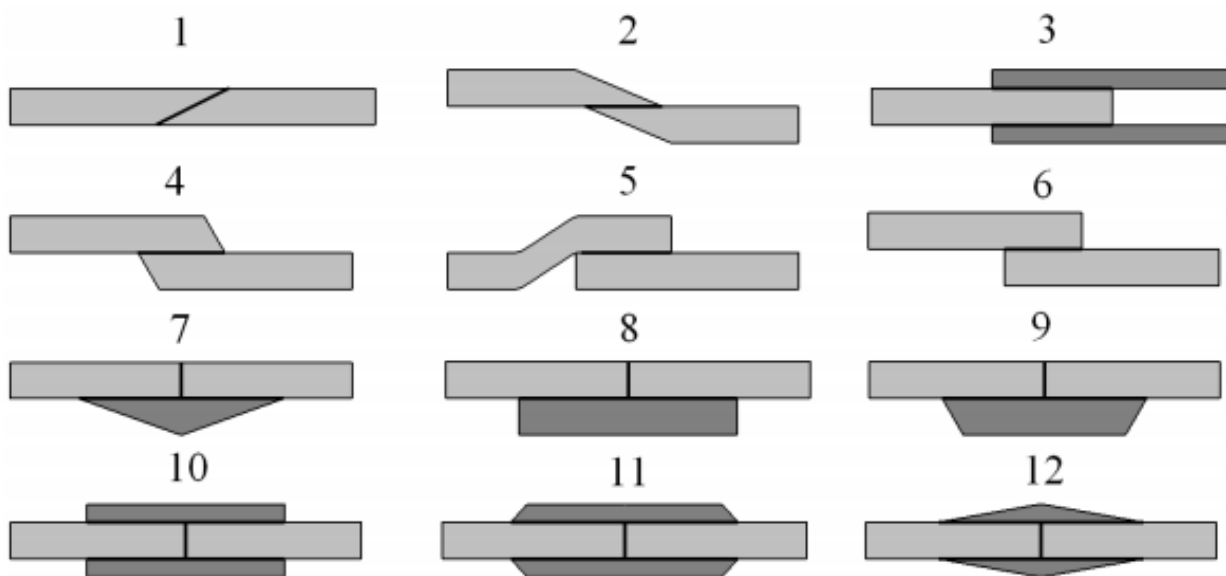
Při tvorbě lepeného spoje je třeba dbát také na objemové změny během tuhnutí lepidla. Pokud má lepidlo nízký obsah aktivních složek a plniv, může docházet k objemovým rozdílům mezi tekutým filmem lepidla a pevnou ztuhlou vrstvou. [32], [33], [34], [35]

3.3.3 Vlastnosti lepeného spoje

Důležitou roli během tvorby lepených spojů nehrají pouze vlastnosti samotného lepidla a lepeného materiálu, ale i parametry lepeného spoje jako celku a podmínky, během nichž lepený spoj vzniká. [34]

Tvar a konstrukce lepeného spoje

Tvar a konstrukce lepeného spoje hrají důležitou roli a zásadně ovlivňují pevnost spoje. Během konstrukce spoje je třeba brát v potaz, jak bude lepený spoj namáhán. Lepené plochy by měly být rovnoběžné, málo členité a co možná největší. Lepený spoj by měl být umístěn tak, aby byl co nejméně vystaven teplotnímu namáhání. Lepené spoje mohou být realizovány různým způsobem. Přehled konstrukce plošných lepených spojů uvádí obr. 22. [33]

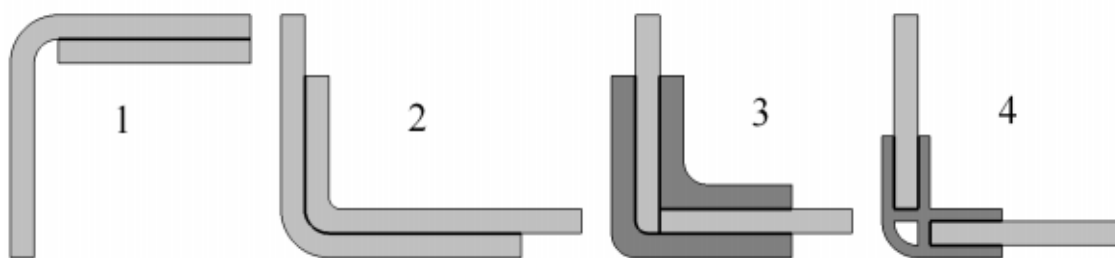


Obr. 22 Konstrukce lepených spojů
Dostupné z: [34]

Z obrázku je zřejmé, že existuje několik základních typů plošných spojů:

1 – tupý zkosený spoj, 2 – zkosený přeplátovaný spoj, 3 – dvojité přeplátovaný spoj, 4 – zkosený přeplátovaný spoj, 5 – spoj přeplátovaný lemový, 6 – přeplátovaný spoj, 7, 8 a 9 – čelní spoje s různě tvarovanými příložkami, 10, 11 a 12 – čelní spoje se dvěma různě tvarovanými příložkami.

Kromě plošných spojů se k spojování plastových dílů často používají také koutové lepené spoje. Jejich základní konstrukční typy ukazuje obr. 23.



Obr. 23 Konstrukce koutových lepených spojů
Dostupné z: [34]

Jedná se o tyto spoje:

1 a 2 – přeplátované spoje, 3 – spoj se dvěma příložkami, 4 – násuvný koutový spoj.

Aplikace lepidla

Lepidla se většinou nanášejí přímo na lepenou plochu. To je případ běžných jednosložkových lepidel. Vícesložková lepidla se nanášet přímo nedají. Před jejich aplikací je nutné nejprve všechny potřebné složky promísit, aby bylo dosaženo co nejhomogennější směsi. Vrstva naneseného lepidla by měla být co nejrovnoměrnější. Lepidla se podle způsobu vytvrzení nanášejí buď na obě lepené plochy, nebo jen na jednu. [33]

Fixace lepených dílů a působení tlaku

Při lepení plastových dílů je nutné zajistit jejich stálou polohu po celou dobu tuhnutí lepidla. Pokud by nebyly díly správně fixované, mohlo by dojít během tuhnutí lepidla k jejich pohybu, což by vedlo k narušení pevnosti lepeného spoje. Pro dosažení správné soudržnosti spoje je nutné na lepené díly působit tlakem. Tím se zamezí nerovnoměrné soudržnosti spoje a podpoří se vznik homogenního filmu lepidla. [33]

Tuhnutí lepeného spoje

Vznik pevného lepeného spoje je založen na fázové přeměně lepidla, které přechází z kapalného do pevného stavu. Způsob této přeměny je charakteristický pro daný typ lepidla.

- Lepidla tvořená disperzním roztokem tuhnou díky odtékání kapalných složek, jakými jsou voda a rozpouštědla.
- Reaktivní lepidla tuhnou díky reakci vyvolané různými vlivy, např. zvýšením teploty, přidáním tvrdidla nebo kontaktem s druhou lepenou plochou.

- U natavitelných (tavných) lepidel dochází k fázové transformaci z kapaliny na pevnou látku díky snížení teploty.

Rychlost vytvrzení neboli tuhnutí lepidla značně ovlivňují vnější podmínky, jakými jsou teplota a vlhkost prostředí. Proto je důležité ponechávat lepeným spojům dostatek času na ztuhnutí. [33]

4 Povrchové úpravy plastů

Povrchové úpravy plastů slouží ke zlepšení jejich estetických a mechanických vlastností. Například lakování umožňuje v podstatě libovolnou změnu barvy plastu a zároveň jej chrání před degradací způsobenou UV zářením. Díky povrchovým úpravám je také možné docílit zvýšení pevnosti a tvrdosti plastu.

4.1 Odmašťování plastů

Před jakoukoliv povrchovou úpravou je nutné plast nejprve důkladně odmastit. Tím se povrch zbavuje nejen organických nečistot, ale také prachu a solí, což má pozitivní vliv na jeho přilnavost.

Podle způsobu provedení rozlišujeme několik způsobů odmašťování.

- Odmašťování v alkalických roztocích

K odmašťování se používají roztoky obsahující hydroxidy nebo zásaditě reagující soli. Může se jednat například o sodu a některé fosforečnany, uhličitany, křemičitany, případně jiné povrchově aktivní látky. Alkalické odmašťování je vhodné především pro kovové materiály. U plastů hrozí, při použití silnějších alkálií, naleptání povrchů.

- Odmašťování v organických rozpouštědlech

K tomuto typu odmašťování se používají rozpouštědla na bázi chlorovaných uhlovodíků, která mají velmi dobrou odmašťovací schopnost. Hodí se k hrubému odstraňování velkých nečistot, jakými jsou mastnoty, vosky a pryskyřice. Nevýhodou je jejich vysoká hořlavost a dlouhé časy sušení. Organická rozpouštědla jsou vhodná jak pro kovy, tak také pro plasty.

- Elektrolytické odmašťování

Jedná se v podstatě o elektrolýzu prováděnou v alkalickém prostředí, která se používá především u kovových materiálů. Pro plasty je tento typ odmašťování nevhodný kvůli jejich špatné elektrické vodivosti.

- Odmašťování v neutrálních roztocích

Jde o ruční odmašťování pomocí vodných roztoků saponátů. Tento typ odmašťování je vhodný i pro plasty. Použitý plast je poté nutné důkladně vysušit. Mnoho plastů je totiž hodně hydrofilních.

- Opalování

Vlivem tepla se mastnoty a nečistoty na čištěném povrchu spálí na plynné zplodiny. Používá se převážně u kovů, ale je možné jej využít i u některých tepelně odolných plastů. Výhodou je vysoká účinnost odmaštění bez nutnosti následného sušení. Obecnou nevýhodou pro plastové materiály je jejich snadné natavení a hořlavost, doprovázená výrazným kouřem a zápachem.

- Vysokotlaké kapalinné odmaštění

K odmaštění se využívá vysokotlakého proudu vody. K tomuto účelu lze použít čistou vodu. Metoda je vhodná především pro velké plastové díly. U menších plastových součástí by mohlo docházet k jejich vážnému poškození způsobenému nárazem vodního proudu. [36], [37]

4.2 Příprava plastů pomocí aplikace základu na plasty

Po provedených úpravách plastů je běžné na jejich povrchy aplikovat tzv. „Základ na plasty“. Jeho funkcí je zlepšení soudržnosti plastu s tmelem, plnicem a především s lakem. Jedná se o aerosol ve spreji, který se běžně aplikuje ve dvou až třech tenkých vrstvách. Mezi aplikací jednotlivých vrstev je třeba nechat vždy alespoň 10 minut pauzu na zaschnutí. Doba schnutí je ovšem individuální a je výrazně ovlivněna vnějšími podmínkami, především vlhkostí a teplotou. Přehled „Základů na plasty“, běžně dostupných na našem trhu, uvádí tabulka 1. [38]

Tabulka 1 Přehled běžně dostupných základů na plasty

Název	Cena	Velikost balení	Použití	Výhody/nevýhody
1K základ na plasty Spray	152 Kč	400 ml	plasty	Jednoduchá aplikace díky spreji.
Body Plastofix základ na plasty	320 Kč	1 l	plasty mimo polyetylen	Aplikace pomocí stříkácí pistole. Dá se aplikovat ve více vrstvách.
Základ na plasty ve spreji Plastofix	219 Kč	400 ml	plasty	Jednoduchá aplikace díky spreji. Dá se aplikovat ve více vrstvách.
ColorMatic sprej základ na plasty - transparentní	376 Kč	400 ml	plasty	Jednoduchá aplikace díky spreji. Je vhodný i na venkovní použití.
DuPont 800R 1K základ na plasty	929 Kč	1 l	plasty	Aplikace pomocí stříkácí pistole.
Základ na plasty	252 Kč	500 ml	plasty mimo polyetylen a polypropylen	Aplikace pomocí stříkácí pistole.

4.3 Tmelení plastů

Důležitou povrchovou úpravu plastů po jejich odmaštění představuje tmelení. Základní funkce tmelení spočívá v zakrytí povrchových nerovností a vad vzniklých během manipulace nebo samotné výroby plastového dílu. Tím se výrazně zlepší estetické vlastnosti povrchu plastu.

Tmely mívají podobné složení jako lepidla. Jsou vytvořeny na bázi epoxidů, akrylátů, polyuretanů nebo silikonů. Nevětší rozdíl mezi lepidlem a tmelem spočívá v množství použitých plnidel. To je u tmelů mnohem vyšší než u lepidel. Mezi nejčastěji používaná plnidla patří křemičitá moučka, tuha (grafit), křída, cement a sádra. Další důležitou složkou jsou pojiva, která zajišťují soudržnost tmelu. Jako pojiva slouží vodní sklo, oleje, škroby, asfalt a nitrocelulóza.

Tmely se podle mechanických vlastností dělí na vytvrditelné a nevytvrditelné. Vytvrditelné tmely po určité době ztuhnou a je možné je následně brousit. Naopak nevytvrditelné tmely zůstávají trvale v plastickém stavu.

Podle převládajícího chemického složení se rozlišují následující typy tmelů:

- silikátové,
- olejové,
- akrylové,
- silikonové,
- polyesterové.

K tmelení plastů se nejčastěji používají polyesterové tmely. Jedná se o dvousložkové tmely, které je nutné před jejich aplikací smíchat s tužidlem. Jako příklad může sloužit tmel značky Ranal. Vlastní tmel je dodáván v plechovce, jeho tužidlo zvlášť v tubě, jak ukazuje obr. 24. Tento tmel se míchá v poměru 100 hmotnostních dílů tmelu na 2 až 2,5 hmotnostní díly tužidla. Po smíchání s tužidlem je nutné tmel do 4 až 6 minut nanést. Výrobce nedoporučuje tmel aplikovat při teplotě nižší než je 10 °C. Následná doba tvrdnutí se pohybuje okolo 30 minut při 20 °C. Zvýšením vnější teploty na 60 °C je možné dobu tvrdnutí zkrátit až na třetinu. [39], [40].



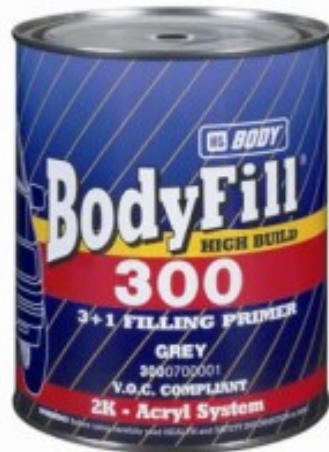
Obr. 24 UNI- Univerzální plnicí tmel Ranal

Dostupné z: [41]

4.4 Plnění plastů

Běžnou povrchovou úpravou před finálním barvením nebo lakováním plastů je aplikace plniče. Jedním z důvodů jeho použití je sjednocení nasákavosti povrchu, což má vliv na stejný odstín laku. Dalším důvodem je zalití drobných povrchových vad a vytvoření jednolité plochy pro lakování. Výhodou aplikace plniče je i tlumení nárazů, což přispívá k ochraně laku.

Pro plasty, a tedy i pro použitý ABS, se jako nejvhodnější ukazují dvousložkové akrylové plniče. Jejich výhodou je výborná přilnavost a snadná brousitelnost. K jejich aplikaci se používají stříkací pistole o průměru trysky 1,5 až 1,8 mm a tlaku okolo 3 až 4 barů. Příklad základového akrylátového plniče je znázorněn na obr. 25. [42]



Obr. 25 Plnič Body 3+1 2K základový plnič

Dostupné z: [43]

Jedná se o plnič „BodyFill“, který se před aplikací míchá s tužidlem v poměru 3:1 (tři díly plniče a jeden díl tužidla), jak uvádí údaj na obalu plechovky. V případě, že by byl plnič příliš hustý, je možné jej naředit ředidlem typu „BODY ACRYL THINNER NORMAL“, a to přidáním maximálně 10 – 15 %. Doba schnutí plniče je opět značně ovlivněna okolní teplotou, při 23 °C se pohybuje okolo čtyř hodin. Pokud sušíme na vyšší teplotu až 60 °C, pohybuje se doba schnutí kolem třiceti minut. [43]

4.5 Lakování plastů

Závěrečnou povrchovou úpravou plastových dílů je lakování. Jeho použití má několik důvodů. Tím hlavním jsou estetické vlastnosti povrchu, tedy možnost výběru široké škály barev a vyšší povrchový lesk. Dalším důvodem je ochrana povrchu před UV zářením, které způsobuje degradaci plastu.

Podle složení dělíme laky do čtyř následujících skupin.

- Epoxidové laky – jsou vhodné k vnitřnímu použití, především na dřevo, obklady a kov.
- Syntetické laky – mají univerzální použití na vnitřní i venkovní materiály včetně plastů.
- Olejosyntetické laky – jsou odolné vůči vodě i UV záření a dají se použít na široké spektrum materiálů včetně plastů. Hodí se na venkovní i vnitřní aplikace.
- Akrylové laky – používají se na širokou škálu materiálů včetně plastů a ABS. Jsou určeny jak do venkovního, tak i vnitřního prostředí.

Příkladem laku vhodného k aplikaci na ABS plast je červený lak ve spreji značky „PRISMA“ s odstínem RAL3020, znázorněný na obr. 26.



Obr. 26 Červený lak ve spreji odstín RAL 3020

Převzato z: [44]

Pokud nepoužijeme lak ve spreji, je možné jej aplikovat pomocí stříkací pistole. Lakování lze provádět také namáčením plastových dílů do laku. Nevýhodou tohoto postupu je velká prostorová náročnost v případě lakování rozměrných součástí a potřeba velkého množství laku k dostatečnému ponoru součástí. Princip namáčení používají některé automobilky na karoserie. Důvodem je vysoká rychlost a vyšší produktivita práce ve srovnání se stříkáním. [45]

5 Kapotáž bateriové jednotky

Praktická část diplomové práce se zabývá výrobou kapotáže bateriové jednotky určené k uchování elektrické energie, vyrobené např. solárními panely, a nabíjení prototypových modelů elektromobilů. Bateriová jednotka představuje obdobné zařízení, jakým je pro běžné benzínové automobily čerpací stanice.

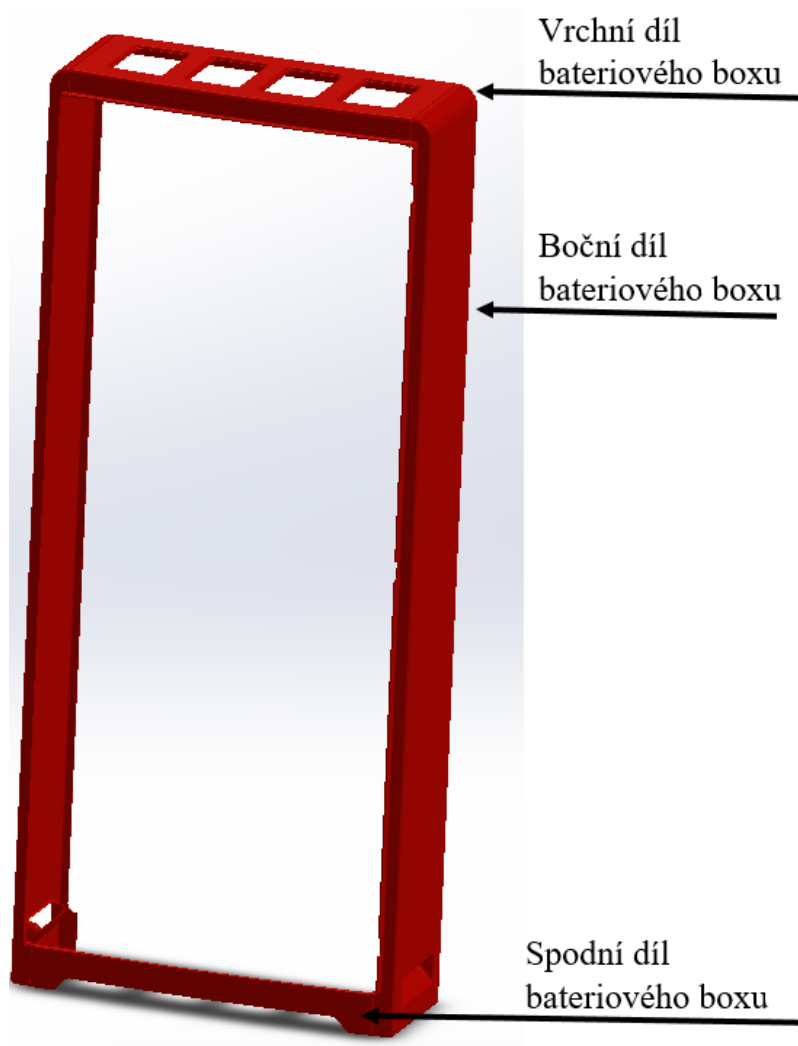
Samotná kapotáž bateriové jednotky slouží k zakrytí elektrických rozvodů elektromobilu. Zakrytí je důležité jak z estetických, tak i z bezpečnostních důvodů, jelikož by mělo chránit rozvody a přípojovací kabely před zásahem někoho nepovolaného nebo před případnou degradací jejich plastových ochranných UV záření.

Praktická výroba kapotáže bateriové jednotky je velmi složitý proces, který se skládá z mnoha dílčích na sebe navazujících úkonů. Jedná se o návrhy jednotlivých dílů kapotáže a

vakuovací formy s přídavkem na smrštění plastu, vlastní vakuování, hrubé ruční ořezání vyrobených dílů, návrh a výroba formy na ořez, návrh uchycení a optimalizace uchycení dílů na ořezovou formu, vlastní ořez na CNC frézce, ruční dobroušení a očištění vyfrézovaných dílů a návrh jejich závěrečné povrchové úpravy čítající tmelení a lakování.

5.1 Výroba komponentů bateriového boxu

Jednotlivé komponenty zakrývající bateriový box byly vyrobeny technologií vakuového lisování firmou FORM s.r.o.. Uvedená výrobní technologie byla popsána v kapitole 1.2.4 Vakuové tvarování plastů (vakuování). Jako materiál pro výrobu výlisků byl použit ABS plast. Vizualizace celého bateriového boxu s popisem jednotlivých dílů je znázorněn na obr. 27.

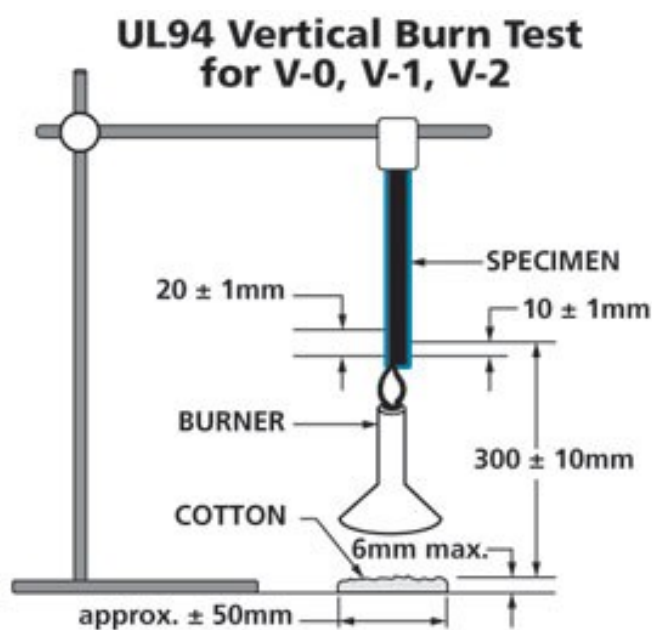


Obr. 27 Vizualizace bateriového boxu

5.1.1 Charakteristika použitého ABS plastu

ABS (akrylonitril-butadien-styren) je nekystalický termoplast. Na trhu se v současné době nachází velké množství různě tuhých typů ABS plastu, které se od sebe vzájemně liší různým poměrem kopolymeračních složek. Typickou vlastností ABS plastu je dobrá odolnost vůči nízkým teplotám. Speciálně vyrobené typy těchto plastů lze použít do teploty $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Další kladnou vlastností ABS plastů je tlumení rázů, vibrační a zdravotní nezávadnost. Pozitivem je i snášenlivost teplotních výkyvů. Nevýhodou je naopak hydrofilní charakter ABS plastu a jeho hořlavost. [46]

Použitý typ ABS plastu má vysoký stupeň houževnatosti a dobrou tuhost. Jelikož je aplikován poblíž elektrických rozvodů, je nutné, aby disponoval také dobrou odolností proti teplu. Použitý typ ABS plastu byl testován metodou UL94. Jedná se o test nehořlavosti patentovaný americkou společností Underwriters Laboratories. Během testu je spalována umělohmotná tyč předem definovaných rozměrů. Tyč je umístěna do vertikální polohy a zapálena zespoda, jak ukazuje obr. 28.



Obr. 28 Test UL94

Dostupné z: [47]

Hodnotí se doba nutná k uhašení plamene. Test má odpovídající klasifikační stupně:

- První stupeň UL 94 V-0. Při zapálení jedné tyče plamen zhasne do 5 s. Při zapálení deseti tyčí zhasne prvních pět během 10 s. Ze vzorků během zapálení neunikají hořlavé kapky taveniny, které by mohly rozšířit plamen.

- Druhý stupeň UL 94 V-1. Při zapálení jedné tyče plamen zhasne za 25 s. Při zapálení deseti tyčí zhasne prvních pět za 30 s. Ze vzorků během zapálení neunikají hořlavé kapky taveniny, které by mohly rozšířit plamen.
- Třetí stupeň UL 94 V-2. Je obdobný jako předchozí stupeň. Liší se tím, že mohou unikat kapky rozšiřující plamen.
- Čtvrtý stupeň UL 5V. Plamen zhasne do 60 s po zapálení. Neunikají žádné kapky a vzorek nemá významné poškození. [48], [49]

Použitý ABS plast dosáhl v uvedeném testu parametrů čtvrtého stupně.

V porovnání s ostatními plasty na trhu má zvolený typ ABS plastu vysoký modul pružnosti. Dalším kladem je možnost tváření za tepla, což s sebou přináší velmi dobré vlastnosti taveniny v širokém teplotním rozmezí. Během výroby polotovarů určených k zakrytí bateriové jednotky byly použity formy s úhly 4 – 6°. Teplota zpracování se pohybovala v rozmezí 150 – 185 °C. Jako zdroj tepla sloužily keramické topné elementy. Zvolený materiál obsahuje černý pigment, který zajišťuje jeho UV stálost. Díky tomuto pigmentu mají veškeré naše ABS výlisky matnou černou barvu. Chemickou odolnost použitého ABS plastu dokládá tabulka 2, v tabulce 3 jsou pak technické parametry tohoto plastu.

Tabulka 2 Chemická odolnost zvoleného ABS plastu

Testované činidlo	Stálost ABS	Testované činidlo	Stálost ABS
Aceton	Nestálé/ nedoporučuje se	Brzdová kapalina	Nestálé/ nedoporučuje se
Slabá kyselina	Dobrá odolnost	Máslo	Výborná odolnost
Silná kyselina	Ucházející odolnost	Káva	Výborná odolnost
Nemrzoucí směr	Výborná odolnost	Čisticí prostředky	Výborná odolnost
Slabě zásaditý roztok	Dobrá odolnost	Nafta	Dobrá odolnost
Silně zásaditý roztok	Ucházející odolnost	Potraviny	Dobrá odolnost
Alkohol	Ucházející odolnost	Mazací olej	Výborná odolnost
Kyselina obsažená v bateriích	Dobrá odolnost	Petrolej	Dobrá odolnost

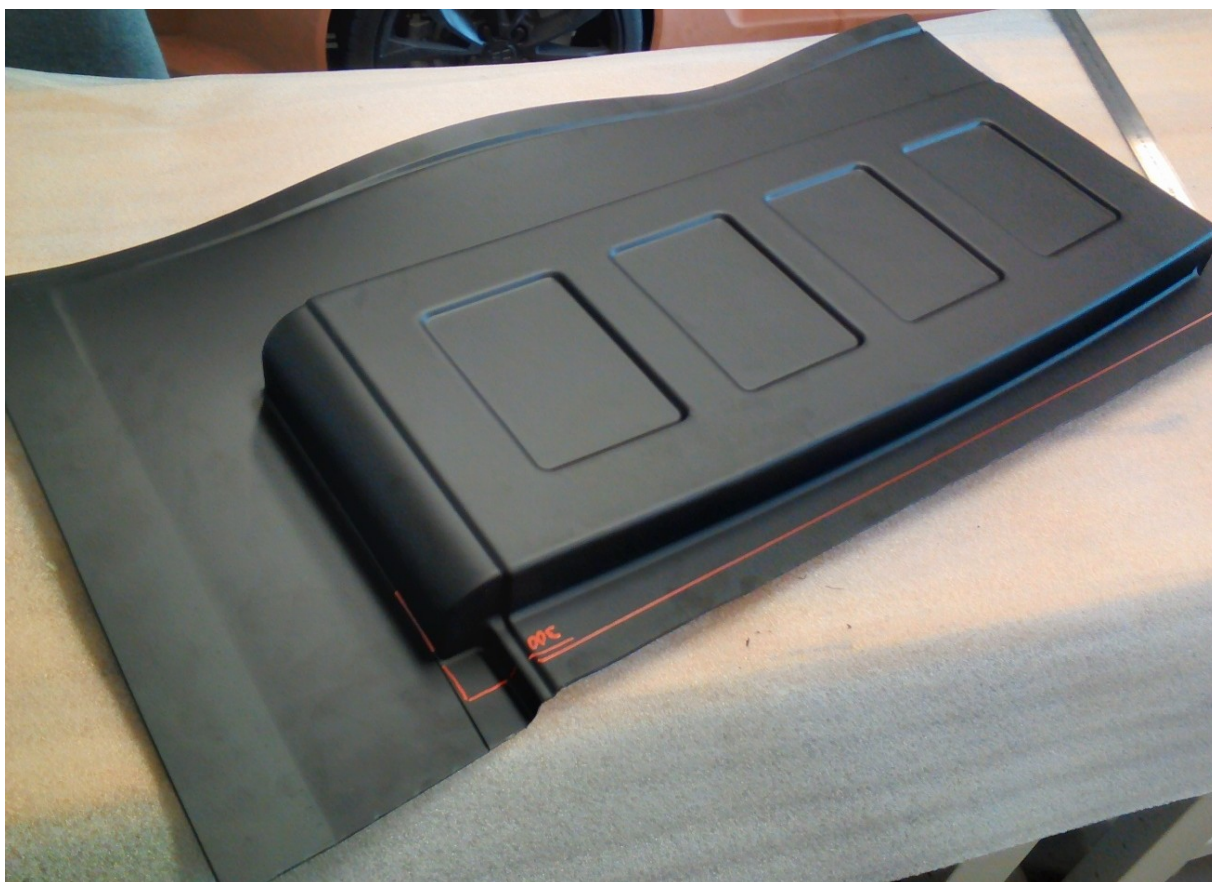
Tabulka 3 technické parametry zvoleného ABS

Veličina	Jednotka	Hodnota
Hustota	g/cm ³	1,2
Vrubová houževnatost	KJ/m ²	18 (při 23 °C)
Pevnost v tahu	MPa	35
Pevnost v ohybu	MPa	60

5.2 Příprava výlisků ke kapotáži

5.2.1 Ořezání nahrubo

Prvním krokem přípravy plastových dílů ke kapotáži je hrubé mechanické odstranění technologických přebytků, dobře viditelných na obr. 29. Tyto přebytky vznikají díky použité výrobní technologii, kterou je vakuové lisování. K odstranění přebytků byl použit plátkový nůž a nůžky na plech. Na každém dílu byl ponechán 3 – 5 cm přesah pro usnadnění spasování dílů a jejich následnému lepení. Velikost přesahu je dobře vidět na obr. 30.



Obr. 29 Výlisek s technologickými přebytky



Obr. 30 Výlisek bez technologických přebytků

Po hrubém ořezání technologických přebytků následovalo nalepení pásky na výlisek. Jejím účelem bylo chránit povrch výlisku před možným poškrábáním během dalšího zpracování. Páska byla aplikována na části, které nebudou dále ořezávány, jak je zřejmé z obr. 31.



Obr. 31 Výlisek s aplikovanou páskou

Při aplikaci pásky ovšem nastal problém s její špatnou přilnavostí k povrchu plastu, jak ukazují obr. 32 a 33. Páska byla proto odstraněna a plochy na povrchu výlisků určené k přelepení byly odmaštěny pomocí izopropyl alkoholu. K přelepení byla následně použita páska od jiného výrobce s lepší přilnavostí.



Obr. 32, 33 Výlisek se špatnou páskou a detail odstávání ochranné pásky

5.2.2 Výroba podpůrných rámu

Před samotným ořezáním na čisto bylo nutné vyrobít pro každý typ dílu podpůrný rám, který umožní díl pevně přichytit k pracovní ploše frézky. Pro konstrukci podpůrného rámu byl vybrán materiál MDF. Jedná se o polotvrdé vláknité desky, které se vyrábějí z dřevěných vláken. Tato vlákna pocházející především ze smrkového dřeva jsou spojena za zvýšené teploty a tlaku pomocí syntetických lepidel. MDF desky se běžně používají při výrobě nábytku jako náhrada za surové dřevo. Jejich velkými pozitivy jsou homogenní složení v celém průřezu, hladkost povrchu a možnost obrábění pomocí frézování. [50], [51]

Během přípravy podpůrných rámu byly MDF desky nejprve nařezány na potřebný rozměr a následně slepeny lepidlem Soudal 66A. Jedná se o lepidlo v kapalném stavu na bázi PU určené k lepení dřeva, jehož charakterizaci uvádí tabulka 4. Nanáší se na jednu z lepených součástí ve formě tenké vrstvy, následuje přiložení druhého lepeného dílu a stlačení po dobu minimálně 3 hodin. Stlačení se provádí pro dosažení dostatečné pevnosti spoje. Slepené a stlačené MDF desky ukazují obr. 34 a 35. [52]

Tabulka 4 Technické parametry lepidla Soudal 66A

Báze	Polyuretan
Konzistence	Kapalná
Systém vytvrzování	Vlhkostí
Doba stlačení	Min. 3 hodiny
Síla stlačení	Přibližně 1kg/cm ²
Specifická hmotnost	1,1 g/cm ³
Teplotní odolnost	-30 °C až + 100 °C
Pevnost ve smyku	10 N/mm ²
Obsah sušiny	95 %
Spotřeba při plošné aplikaci	Přibližně 150 cm ³ /m ²

Převzato z: <http://www.soudal.cz/produkt/PU-lepidlo-na-drevo-66a>



Obr. 34 Slepění a stlačení MDF desky



Obr. 35 Spleené a stlačené MDF desky určené k výrobě podpůrného rámu vrchního dílu

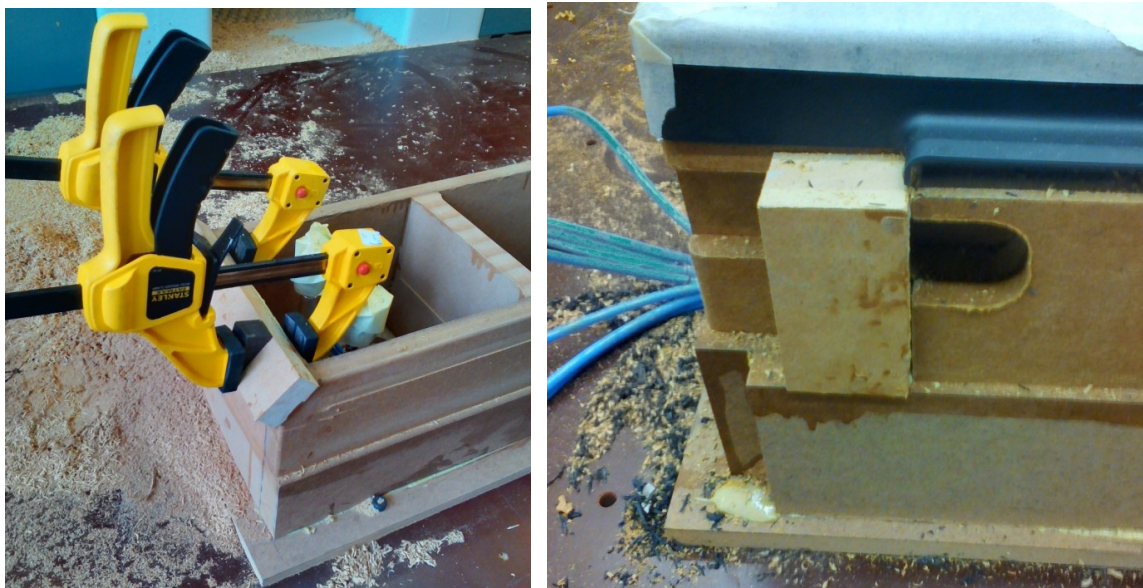
5.2.3 Frézování podpůrných rámu na frézce

Po slepení a vytvrzení lepidla následovalo frézování připravených desek do požadovaného tvaru. V programu SolidCAM byl vytvořen postup frézování a vygenerován NC kód. Samotné frézování bylo realizováno frézku značky Sahos typ FC 3000 CNC a byly k němu použity tvrdokové frézy s průměrem 12 a 20 mm. Problémem při obrábění dřeva je zahřívání rezného nástroje. K jeho chlazení není možné použít kapalně médium, protože dřevo je silně hydrofilní. Je proto nutné správně nastavit rezné podmínky. Další velkou nevýhodou při frézování dřeva, konkrétně MDF desek, je vysoká prašnost a nutnost používat odvětrávací systémy. Hotový vyfrézovaný podpůrný rám na úchyt bočnic, který je připraven na další použití, ukazuje obr. 36.



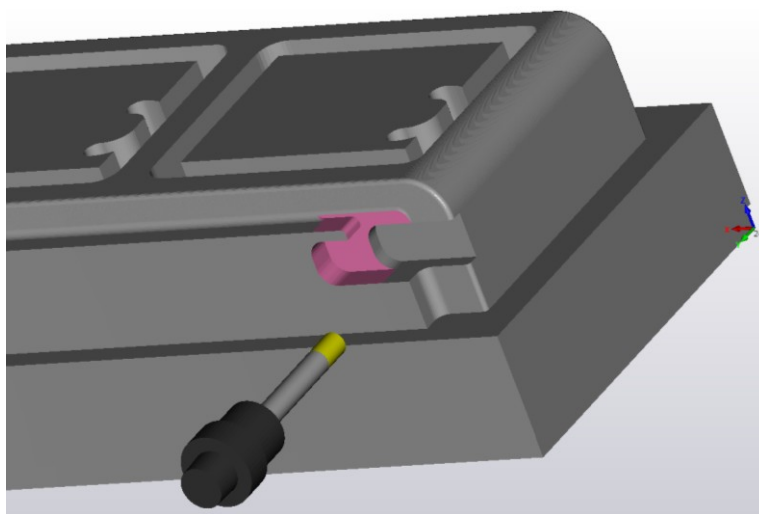
Obr. 36 Podpůrný rám na pravé bočnice (kopyto)

Rám určený pro ořez bočnic byl nejprve použit na pravé bočnice. Z důvodu úspory času a snížení materiálních nákladů byl zoptimalizován výrobní proces tak, aby bylo možné použít formu na pravé bočnice i pro ořez levých bočnic. Úpravy zahrnovaly nejprve dolepení materiálu, jehož přesné umístění znázorňují obr. 37 a 38, a následné frézování.

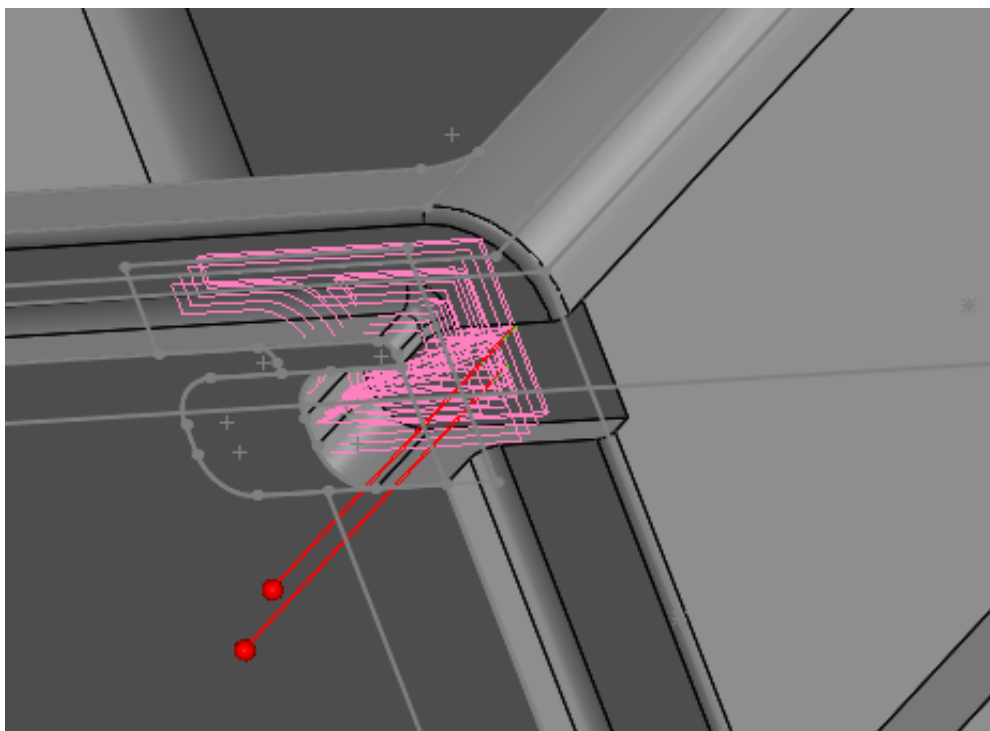


Obr. 37 a 38 Dolepené části určené k úpravě podpůrného rámu určeného na ořez pravé bočnice

Pro úpravu podpůrného rámu k použití na ořez levé bočnice byl opět v programu SolidCAM vypracován postup frézování s jeho následnou simulací, kterou znázorňuje obr. 39. Na obrázku je růžovou barvou označena odfrézovaná část. Obr. 40 znázorňuje postup frézování, červenou linkou je vyznačen příjezd frézy a růžové čáry představují dráhy, po kterých se bude fréza během obrábění pohybovat.



Obr. 39 Simulace obrábění podpůrného rámu



Obr. 40 Vygenerovaná dráha frézy během obrábění

Samotný postup frézování upravovaného rámu pro levé bočnice je znázorněn na obr. 41. Výslednou podobu předělaného podpůrného rámu ukazuje obr. 42.

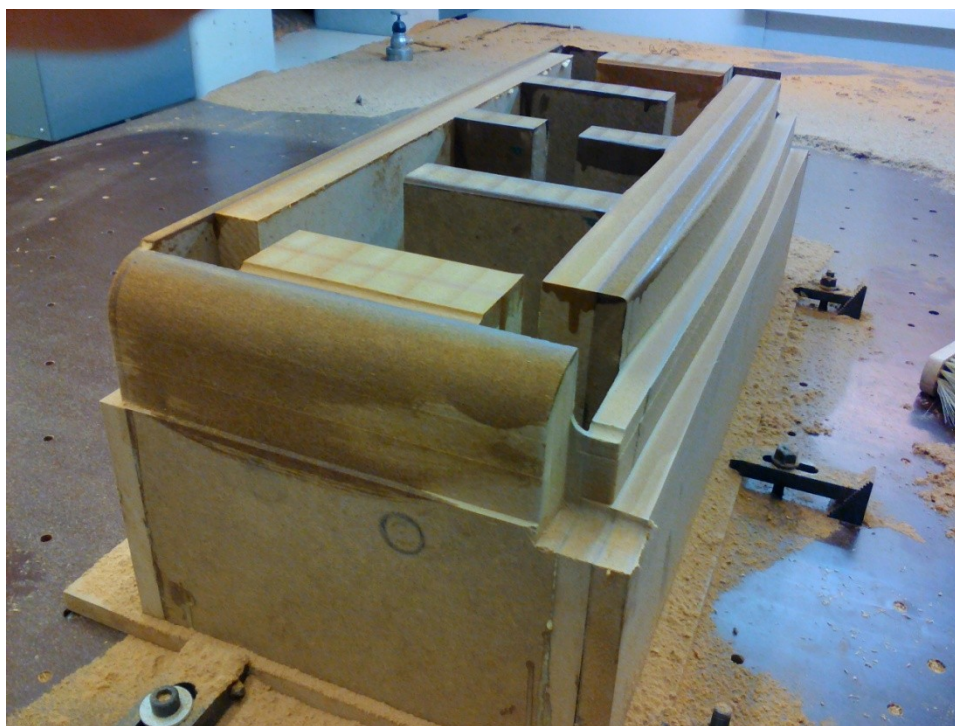


Obr. 41 Průběh frézování



Obr. 42 Rám upravený pro ořez levých bočnic

Obdobný postup výroby byl následně proveden i pro podpůrný rám sloužící k ořezání vrchního dílu boxu. Výsledná podoba je zachycena na obr. 43.



Obr. 43 Rám upravený pro ořez levých bočnic

5.2.4 Řešení uchycení výlisků k podpůrnému rámu

Pro připevnění výlisků k podpůrnému rámu byla zvolena metoda vakuového přísátí pomocí vakuové pumpy BUSCH (obr. 44) a přísavek. Jedná se o rotační lamelovou olejomaznou vývěvu typu R 5 RA 0100 F 503 IF XZ se sacím výkonem 100 m³/h a koncovým tlakem 0,1 mbar. Elektromotor vakuové pumpy měl výkon 2,2 kW při 1500 ot/min na výstupu.

Jiným řešením bylo přilepení dílů pomocí speciální oboustranné pásky. Od tohoto řešení bylo upuštěno. Důvodem byly problémy s přílišnou soudržností pásky s rámem a výliskem, kdy hrozilo zničení výlisku při jeho oddělování od rámu. Dalším negativem použití pásky je možnost nedokonalého spojení a následná degradace výlisku během frézování. Při pokusech o uchycení výlisků k rámu se běžně stávalo, že páska nedržela, nebo naopak držela až moc. Pro lepení navíc musí být vždy MDF desky dobře přelakovány, aby na nich páska vůbec držela.



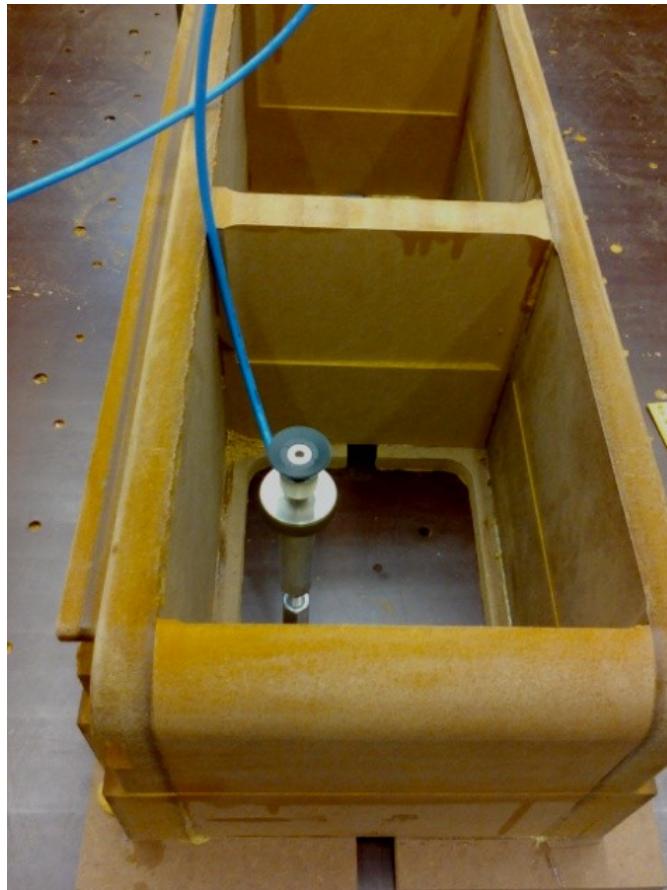
Obr. 44 Vakuová pumpa BUSCH

Typ použitých přísavek je znázorněn na obr. 45. Jedná se o přísavky Festo ESG-30-SN-HA-QS-WA-F. Aby bylo možné přísavky uchytit k pracovní ploše frézy, byly na jejich spodní části našroubovány hliníkové nástavce s vnitřním závitem a otvorem pro hadici k odsávání vzduchu. Do spodní části nástavců byly našroubovány závitové tyče umožňující nastavení výšky přísavek v pracovní ploše frézky. Připravené přísavky jsou znázorněny na obr. 46.



Obr. 45, 46 Typ použité přísavky, Kompletní přísavka před uchycením do frézky

Zkompletované přísavky byly následně našroubovány do předem zvolených míst na pracovní ploše frézky. Každá přísavka byla nastavena tak, aby její výška byla vhodná pro daný typ výlisku (obr. 47). Hadičky přísavek byly protaženy otvorem ve spodní části podpůrného rámu, jinak by nebylo možné správně umístit výlisek na rám a přisát jej.



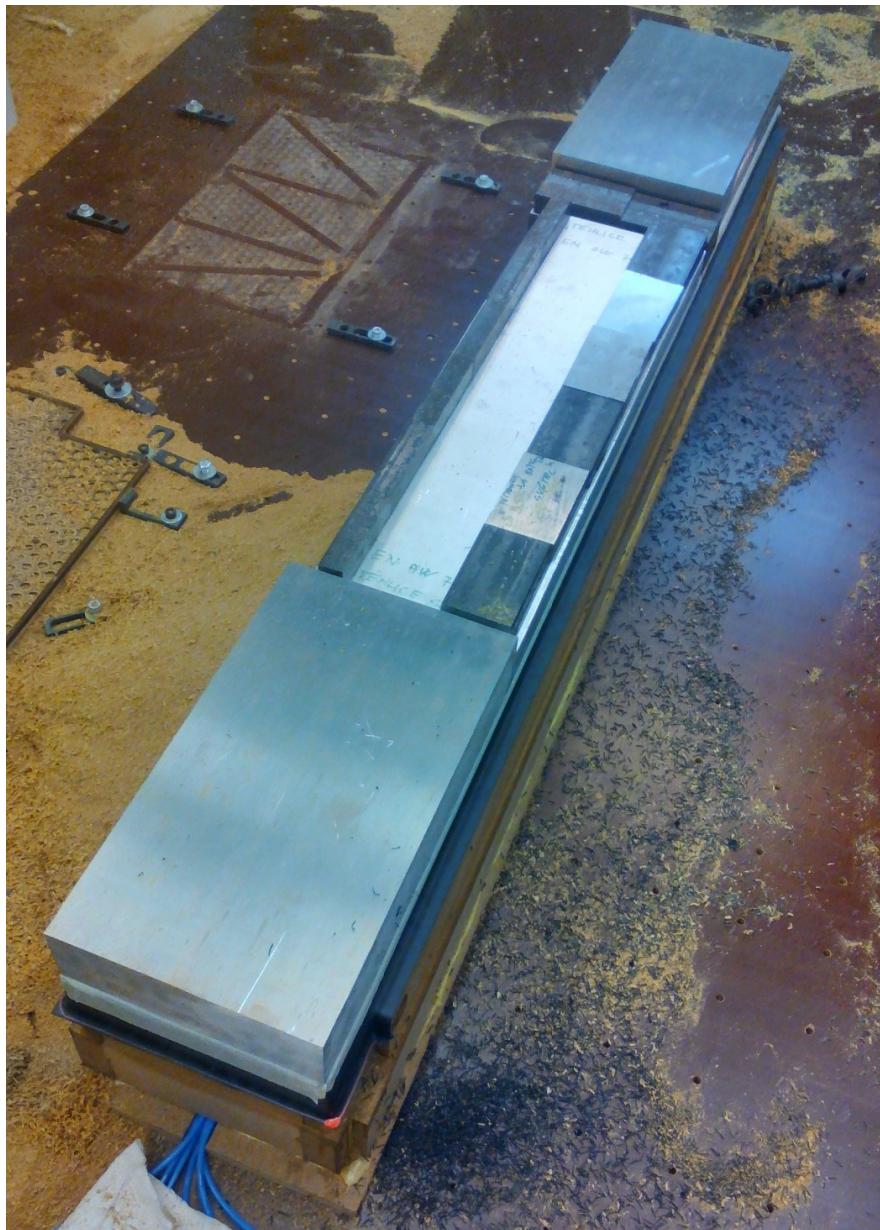
Obr. 47 Příprava přísavek

Přísátí prvního dílu levé bočnice ukázalo, že na její dostatečné uchycení je potřeba většího množství přísavek. Připevněný plastový díl je dlouhý a má malou tloušťku, proto se v částech, kde nejsou přísavky, krouží. Řešením je buď použití většího počtu přísavek, nebo zatížení rizikových částí. Byla zvolena první varianta a zakoupeny další čtyři přísavky typu Festo ESG-50-BN-HD-QS-F se zvonovitým tvarem a s větším průměrem gumové části pro lepší přidržení výlisku (obr. 48). Všechny nové přísavky byly upraveny a složeny podobně jako první typ. Jediným rozdílem bylo umístění přívodové hadice, která nemusela být vedena skrz otvor v hliníkovém nástavci, protože nové přísavky měly ventil těsně pod filtrem. Přísavky byly následně umístěny do předem zvolených míst tak, aby pomohly prvnímu typu lépe přichytit výlisk k podpůrnému rámu. Během testování síly přísátí bylo zjištěno, že je ideální dávat vedle sebe vždy stejný typ přísavky. Dalším důležitým bodem bylo správné nastavení výšky přísavek. Během několika pokusných přísátí výlisku totiž docházelo k jeho nadzvednutí nebo v opačném případě, kdy byla přísavka příliš nízko, nebylo možné díl správně přisát. Důležitým zjištěním byl i fakt, že pro dostatečně silné uchycení výlisku bylo nutné přisát všechny přísavky najednou.

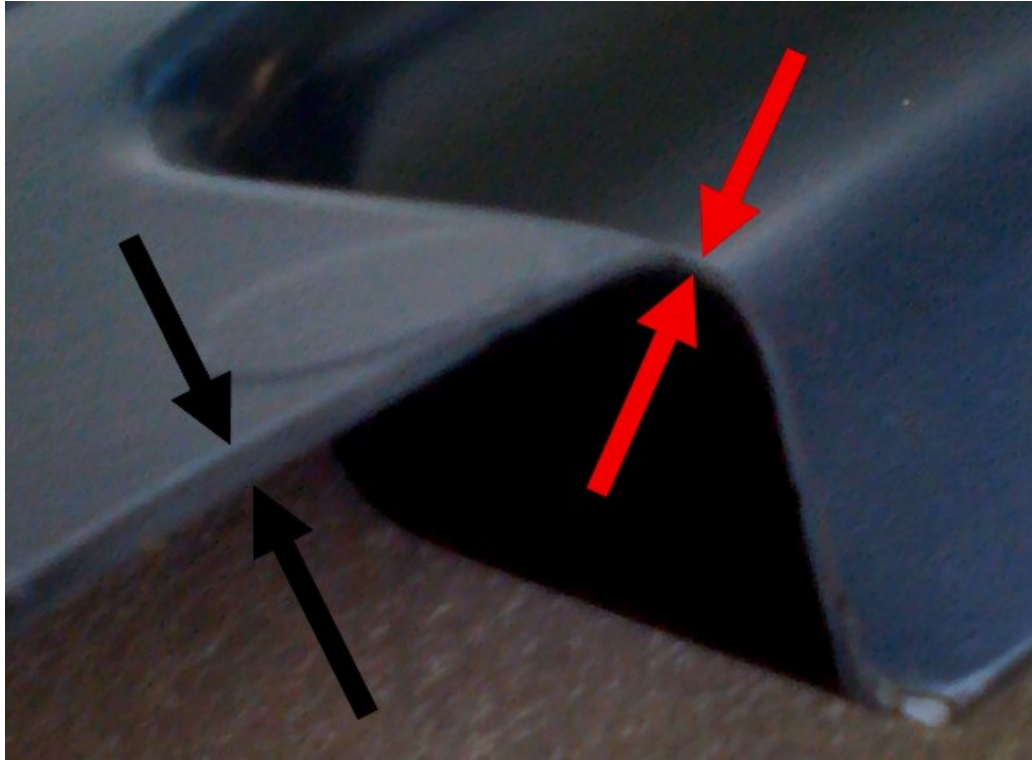


Obr. 48 Popis přísavky typu Festo ESG-50-BN-HD-QS-F

Po zhodnocení pevnosti přisátí výlisku bylo rozhodnuto, že v rozích bude výlisek pro jistotu ještě přilepen oboustrannou páskou a celá plocha výlisku, kde nebude docházet k frézování, bude zatížena, aby se zabránilo vibracím výlisku během frézování. Zatížený výlisek je na obr. 49. Veškerá tato opatření byla provedena proto, aby výlisek během obrábění nevibroval. Jedná se o tenkostěnný a přitom rozměrově velký díl. Dále bylo zjištěno, že vlivem technologie výroby výlisků došlo v rozích a ve všech oblých částech k zúžení už tak tenké stěny (obr. 50). To vede k dalšímu snížení tuhosti dílu a ke vzniku nebezpečných vibrací během obrábění.



Obr. 49 Zatížení výlisku



Obr. 50 Zúžení materiálu výlisku

5.2.5 Frézování bočních dílů

Po upnutí a zatížení byl frézován jeden ze dvou pravých dílů bateriového boxu. Jako nástroj byla vybrána tvrdokovová fréza s průměrem 20 mm. V programu SolidCam byl vypracován postup frézování. Během tvorby postupu bylo nutné frézu často natáčet kvůli tvaru obrobku, který je v rozích oblý a různě skosený. Z tohoto důvodu byla použita funkce pětiosého frézování umožňující toto natáčení frézy. Během programování postupu frézování bylo také nutné, aby fréza svým rotačním pohybem výlisek přitlačovala k podpůrnému rámu místo jeho nadzvedávání. Dále byly provedeny simulace kontrolující kvalitu obrábění. Na základě vypracovaného postupu byl vygenerován NC kód, který byl nahrán do frézky. V samotné frézce byl následně celý proces simulován, aby bylo možné zjistit, zda někde nedochází k odmotávání stroje, které by mohlo způsobit kolizi frézy s obrobkem a které není možné předem s jistotou eliminovat. Fréza se zároveň musí otáčet tak, aby frézovaný díl přitlačovala k formě, ne opačně. Po všech simulacích bylo provedeno samotné frézování. Během frézování došlo k několika vadám. Jedna z nich je ukázána na obr. 51. Vzniklé vady mohly být zapříčiněny nedostatečnou hloubkou frézování a vibracemi obráběného dílu.



Obr. 51 Nedokonale obrobený zaoblený roh a celá přední hrana

Proto byl postup frézování u druhé pravé bočnice upraven. Hlavní změnou bylo použití frézy s menším průměrem. Byla vybrána fréza s průměrem 12 mm. Díky menšímu průměru odebírala fréza méně materiálu najednou a docházelo k menším vibračním obrobku. Další úpravou bylo zvýšení otáček frézy. Samotné frézování ukazuje obr. 52.



Obr. 52 Frézování pravé bočnice

Z obrázku je patrné, že během frézování druhé pravé bočnice nebyl díl ničím zatížen, ale byl pouze přisát a v rozích přilepen oboustrannou páskou. Výsledek frézování byl lepší než u předešlého dílu. I zde však došlo k podobné vadě, jakou byla vada zachycená na obr. 51. Fréza neodebrala dostatek materiálu a na obou rozích zůstal viset přebytek, který měl být frézováním odstraněn.

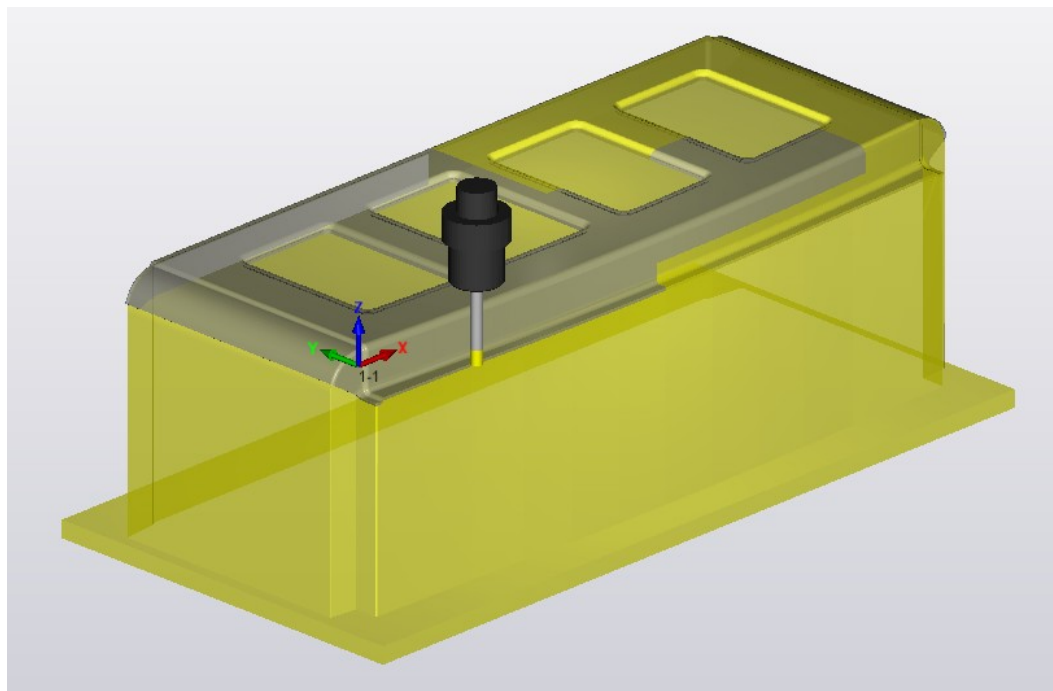
Před frézováním levých bočnic, byl první díl přichycen stejně jako druhá pravá bočnice. Během frézování rohu tohoto dílu došlo působením rotace frézy k jeho nadzvednutí a odlepení oboustranné pásky. Situace byla vyřešena zatížením rohů dílu, jak ukazuje obr. 53. Při frézování druhé levé bočnice byl již díl od počátku v rozích zatížen. Výsledek frézování obou levých bočnic byl lepší než u předešlých dílů. Jedinými vadami, které se vyskytly, bylo občasné roztřepení hran způsobené vibracemi obrobku. Během frézování bylo zjištěno, že pokud fréza odebírá materiál celou plochou, je výsledná kvalita dílu vyšší.



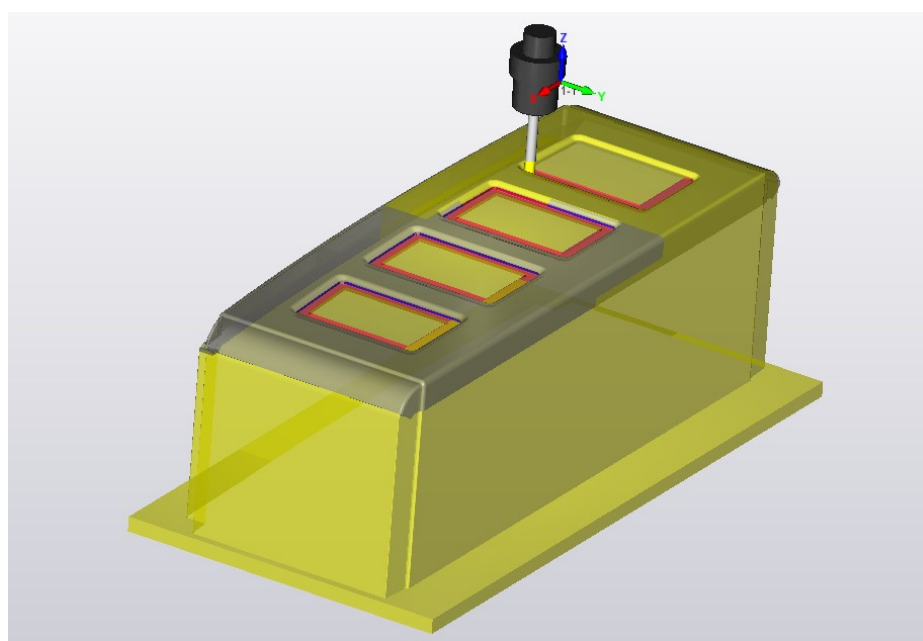
Obr. 53 Vyfrézovaný a zatížený problematický roh dílu

5.2.6 Frézování vrchního dílu

Postup frézování vrchní části boxu byl obdobný jako u bočnic. Nejprve byl v programu SolidCAM vypracován postup a provedeny simulace. Během postupu frézování byla používána hlavně funkce „kontura“, kterou bylo možné díl dobře oříznout. Jediným úskalím byla nutnost naklonění frézy a s tím spojená častá změna nulového bodu pro obrábění. Na obr. 54 je vidět simulace ořezu boční hrany výlisku. Obr. 55 znázorňuje simulaci obrábění kapes ve vrchní části dílu.



Obr. 54 Simulace frézování boční hrany



Obr. 55 Simulace frézování vrchních otvorů

5.2.7 Úprava výlisků po frézování

Všechny díly ořezané frézováním byly následně ručně začištěny. Během začišťování byly odstraněny vady vzniklé při frézování. Jednalo se převážně o občasné roztřepení hran dílů nebo o nedostatečné ofrézování, díky kterému měly díly nepřesný tvar. Veškeré úpravy byly prováděny plátkovým nožem a brusnými papíry. Připravené díly můžeme vidět na obr. 56. Obr. 57 a 58 zachycují výslednou podobu bateriového boxu.



Obr. 56 Začištěné a připravené díly



Obr. 57 Bateriový box



Obr. 58 Bateriový box s předním dílem

5.3 Návrh postupu lepení dílů bateriového boxu

Ořezané díly je nutné následně spojit dohromady. Jako technologii spojování bych navrhol využit lepení. Teorie lepení je rozebrána v kapitole 3. Lepení plastů. Před samotným lepením je nutné připravit lepené plochy tak, aby tvořily ideální podmínky pro vznik lepeného spoje. Nejprve je nutné všechny lepené plochy důkladně odmastit. Jako nejvhodnější a nejrychlejší způsob bych doporučil otřít styčné plochy kusem textilie namočeným v izopropyl alkoholu nebo v technickém lihu. Tím se zajistí dostatečná čistota lepených ploch.

K samotnému lepení bych doporučoval použít následující lepidla:

- SPT Professional 05 Plast dvojkartuše (černé), které bych použil na černý plast,
- Mamut krystal v tubě (čiré lepidlo), určené k lepení dílů po lakování,
- LOXEAL 30-35 UV, což je čiré UV lepidlo vhodné na prosvětlené plochy plastů.

Technické parametry navrhovaných lepidel znázorňují tabulky 5 až 7.

Tabulka 5 Technické parametry lepidla Mamut krystal v tubě

Barva	Transparentní
Složení	MS polymer
Konzistence	Tixotropní pasty
Hustota	1,01g/cm ³
Tepelná odolnost	-40 až +90 °C
Rychlost tvrzení	24 hodin pro úplné vytvrzení
Pevnost v tahu	2,2 MPa

Převzato z: https://img.demos-trade.cz/files/cz/dokumenty/Certifikaty/DenBraven/TL_04_38_Mamut_Glue_CRYSTAL.pdf

Tabulka 6 Technické parametry lepidla SPT Professional 05 Plast dvojkartuše

	Složka A	Složka B
Barva	Bílá	Černá
Poměr míchání složek	10 (objemový) 8,9 (hmotnostní)	1 (objemový) 1 (hmotnostní)
Hustota	0,96 g/ml	1,07 g/ml
Tepelná odolnost	-40 až +125 °C	
Rychlost tvrzení	24 hodin pro úplné vytvrzení	
Pevnost v tahu	22 – 24 N/mm ²	
Pevnost ve střihu	24 N/mm ²	

Převzato z:

https://www.email.cz/download/k/NdXjtuAhfMAbJsauqgQD2SnTbPS08_Yx6YCb0rI5JikgL71lxojdFfq2Sjz9mU4XgLxRMo/TDS%20SPT_Professional%2005%20Plast.pdf

Tabulka 7 Technické parametry lepidla LOXEAL 30-35 UV

Barva	Transparentní
Složení	Uretan metakrylátové pryskyřice
Doba vytvrzení (UV zářením)	5 – 10 s
Pevnost v tahu	8 – 12 N/mm ²
Teplotní odolnost	-55 °C až +120 °C
Nasákavost (2 hodiny ve vroucí vodě)	1,5 %

Převzato z: https://www.metrum.cz/product/files/tl_loxeal_uv_30-35_cz_10_11.pdf

Všechna vybraná lepidla jsou vhodná k lepení plastů, takže by měla vyhovovat i tomuto účelu. Jako nejvhodnější se mi jeví první dvě lepidla. Poslední lepidlo je možné také použít, ale k jeho vytvrzení je nutné UV světlo. Pokud překryjeme dva díly výlisků, které jsou matné a neprůhledné, mohlo by se stát, že lepidlo nebude dostatečně vytvrzeno. Toto lepidlo by bylo vhodné, pokud bychom na výlisky chtěli nalepit díl z průhledného nebo alespoň průsvitného plastu.

Postup lepení by závisel na výběru lepidla. Pro lepidlo Mamut krystal by stačilo nanést tenký film na jednu lepenou plochu a přiložit druhý díl. Následně by bylo nutné oba díly dostatečně silně sepnout nebo zatížit kvůli dobrému vytvrzení lepidla.

Při použití lepidla SPT Profesional 05 Plast by byl postup lepení obdobný. Rozdíl by spočíval v povaze lepidla, které je dvousložkové. Před jeho aplikací je nutné nejprve smíchat obě jeho složky v poměru udávaném výrobcem a až poté jej aplikovat na lepenou plochu. Další postup je shodný s předešlým typem lepidla.

Závěr

Cílem diplomové práce bylo navržení technologie výroby kapotáže pro bateriovou jednotku. Navržená technologie zahrnovala kompletní proces výroby plastové kapotáže počínaje výběrem plastového polotovaru a konče lepením a opracováním. Pro výrobu kapotáže byl zvolen ABS plast tloušťky 3 mm matné černé barvy. Tento typ materiálu patří mezi termoplasty a vyznačuje se velkou teplotní odolností, dobrými mechanickými vlastnostmi

a díky černé barvě také vysokou UV stálostí. Materiál vyniká taky odolností proti hoření, což je důležité, protože se jedná o kapotáž elektrického zařízení. Jednotlivé díly kapotáže byly vyrobeny metodou vakuového lisování. Plastové díly se ovšem vyznačovaly velkými technologickými přebytky vznikajícími při jejich výrobě. Tyto přebytky vznikly kvůli potřebám stroje, na kterém proběhlo vakuové lisování dílů. Pro jejich odstranění byly vyrobeny podpůrné rámy z MDF desek. Jednotlivé plastové díly byly k těmto rámcům připevněny přísavkami pomocí vakuové pumpy. V počítačovém programu SolidCAM bylo simulováno ořezání plastových dílů a vytvořen NC kód pro CNC frézku.

Během samotného frézování se vyskytla řada problémů, které bylo nutné vyřešit. Většina těchto problémů souvisela s malou tloušťkou použitého materiálu a velkými rozměry frézovaných dílů. Všechny díly byly velmi špatně obrobitelné a během frézování vibrovaly. Proto bych do budoucna doporučoval buď použít materiál větší tloušťky, nebo zvýšit počet přísavek pro lepší upnutí dílů. Dále bylo zjištěno, že pro frézování zvoleného materiálu jsou vhodnější frézy menších průměrů. Důležitým poznatkem bylo, že pokud fréza ubírá materiál celou plochou, je výsledek frézování mnohem lepší než v případě ubírání materiálu pouze z části řezné plochy. Doporučoval bych proto na tuto skutečnost brát zřetel již při samotném navrhování jednotlivých dílů kapotáže.

V práci byl dále navržen postup kompletace jednotlivých opracovaných dílů krytu bateriové jednotky metodou lepení. Jako nejvhodnější lepidla byly navrženy „Mamut krystal“ v tubě, což je jednosložkové lepidlo, nebo SPT Professional 05 Plast jako představitel dvousložkových lepidel.

Práce na kapotáži bateriové jednotky zároveň ukázaly, že k její výrobě lze použít podobné techniky a postupy, jaké se používají k výrobě a kompletaci některých plastových dílů automobilových interiérů.

Zdroje

- [1] Plasty, Mgr. Tomáš Maňák. Dostupné z: https://www.spszengrova.cz/texty/texty/CHE/CHE_1_Plasty_UT-PL.pdf[Online] 2014 [Citace 15. 1. 2019]
- [2] Plasty. Dostupné z: <https://www.opi.zcu.cz/download/plasty.pdf>[Online] 2005 [Citace 18. 1. 2019]
- [3] Technické materiály v primárním a peprimárním vzdělávání, Mgr. Jan Janovec, Ph.D. Dostupné z: http://old.projekty.ujep.cz/combiteachers/wp-content/uploads/2013/04/tech_mat_v_primarnim_a_preprimarnim_vzdelavani_autor_Jan_Jalove.pdf[Online] 2013 [Citace 20. 1. 2019]
- [4] Physical, thermal and mechanical properties of polymers. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/9781118950623.app1>[Online] 2017 [Citace 30. 1. 2019]
- [5] Plasty. Doc. Ing. Karel Dad'ourek. Struktura polymerů. Dostupné z: http://www.kmt.tul.cz/edu/podklady_kmt_bakalari/ZMI/05plastyzmi.pdf[Online] 2010 [Citace 1. 2. 2019]
- [6] Plasty a jejich zpracovatelské vlastnosti. Technická univerzita Liberec Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm[Online] 2017 [Citace 2. 2. 2019]
- [7] Základní dělení plastů. Wolfgang Nutsch Dostupné z: <http://www.ped.muni.cz/wtech/petrik/pracestechnickymimaterialy/plasty/zakladnideleniplastu.html>[Online] 2006 [Citace 3. 2. 2019]
- [8] Pomocné látky pro polymery. Dostupné z: <http://tresen.vscht.cz/kot/wp-content/uploads/2015/09/Chemick%C3%A9-speciality2015P10.pdf>[Online] 2018 [Citace 3. 2. 2019]
- [9] Lukáš Muster. Modifikace hořlavosti polymerních materiálů a hodnocení efektivnosti těchto modifikací [online]. Zlín, 2011. Dostupné z: http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/17124/m%C3%BCnster_2011_bp.pdf?sequence=1&isAllowed=y Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Ing. Tomáš Sedláček, Ph.D. [Citace 5. 2. 2019]

- [10] Rozdělení technologií na zpracování plastů. Technická univerzita Liberec Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/02.htm[Online] 2017 [Citace 8. 2. 2019]
- [11] Plastics processes. Dostupné z: <https://www.bpf.co.uk/plastipedia/processes/default.aspx#blownfilm>[Online] 2019 [Citace 6. 2. 2019]
- [12] Obrábění nekovových materiálů, Bc. Jan Dula. Dostupné z: <http://www.uh.cz/szesgsm/files/sblizovani/pdf/obr-nekovu.pdf>[Online] 2012 [Citace 6. 2. 2019]
- [13] Technologie vstřikování plastů. Prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld Dostupné z: <https://publi.cz/books/184/03.html>[Online] 2016 [Citace 8. 2. 2019]
- [14] Vstřikování plastů. Technická univerzita. Liberec Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm[Online] 2017 [Citace 8. 2. 2019]
- [15] Lisování a přetlačování plastů. Technická univerzita Liberec. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/09.htm[Online] 2017 [Citace 9. 2. 2019]
- [16] Lisování reaktoplastů a termoplastů. Ing. Aleš Ausperger Dostupné z: <https://publi.cz/books/183/04.html>[Online] 2016 [Citace 9. 2. 2019]
- [17] A Vacuum forming guide. Dostupné z: <https://capla.arizona.edu/forms/shop/fromechvacuumguide.pdf>[Online] 2019 [Citace 11. 2. 2019]
- [18] Bc. Pavel Chlup. Konstrukce zařízení pro vakuové lisování plastů [online]. Brno, 2009. Dostupné z: <http://www.ustavkonstruovani.cz/FileDownload/getFile/359/chlup.pdf/> Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Daniel Koutný, Ph.D.
- [19] Technologie zpracování plastů. Ing. Aleš Ausperger .Průběh lisování plastů Dostupné z: <https://publi.cz/books/183/04.html>[Online] 2016 [Citace 11. 2. 2019]
- [20] Technologie vytlačování. Ing. Aleš Ausperger. Dostupné z: <https://publi.cz/books/183/02.html>[Online] 2016 [Citace 11. 2. 2019]

- [21] Tváření plastů a výroba forem I. Dostupné z: <http://www.14220.cz/technologie/tvareni-plastu-a-vyroba-forem-i/>[Online] 2012. [Citace 12. 2. 2019]
- [22] Vytlačování. Technická univerzita Liberec. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/06.htm[Online] 2017 [Citace 12. 2. 2019]
- [23] Válcování. Ing. Aleš Ausperger. Dostupné z: <https://publi.cz/books/183/03.html> [Online] 2016 [Citace 18. 2. 2019]
- [24] Válcování. Technická univerzita Liberec. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/10.htm[Online] 2017 [Citace 18. 2. 2019]
- [25] Plastics Processing. Dostupné z: https://personal.egr.uri.edu/vms/ISE%20240/Polymer_processing_VMS08.pdf[Online] 2019 [Citace 20. 2. 2019]
- [26] Technologie obrábění, Doc. Ing. Anton Humár, CSc. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-2cast.pdf[Online] 2004 [Citace 20. 2. 2019]
- [27] Kovovýroba Frank - speciální kovovýroba Brno. Jiří Frank. Frézování plastů. Převzato z: <http://www.kovofrank.cz/fotogalerie>[Online] 2013 [Citace 26. 2. 2019]
- [28] Nástroje na opracování plastů. Aneta Šimková Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/nastroje-na-opracovani-plastu.html>[Online] 2019 [Citace 26. 2. 2019]
- [29] Návod na obrábění polotovarů technických plastů. Dostupné z: <http://www.eppplasty.cz/obrabeni.php>[Online] 2012 [Citace 30. 2. 2019]
- [30] Návod na obrábění polotovarů technických plastů. PLASTRUM Trading s.r.o. Vrtání plastu. Převzato z <https://plastum.cz/navod-na-obrabeni/>[Online] 2015 [Citace 30. 2. 2019]
- [31] Řezačka - laserový řezací stroj Stäubli Fiber laser 600W. Exa pro. Převzato z: <https://www.exapro.cz/rezacka-laserovy-rezaci-stroj-staubli-fiber-laser-600w-6axis-robot-rx160-p61023028/>[Online] 2014 [Citace 1. 3. 2019]

- [32] Doplnkové technologie pro zpracování plastů. Technická univerzita Liberec. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/12.htm[Online] 2017 [Citace 1. 3. 2019]
- [33] Lepení materiálů, RNDr. Libor Mrňa, Ph.D. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/img/opory/hsv_specialni_metody_svarovani_lepeni_materialu_mrna.pdf[Online] 2016 [Citace 1. 3. 2019]
- [34] Bc. Martin Bednařík. Lepení polymerů [online]. Zlín, 2011. Dostupné z: https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/16394/bedna%C5%99%C3%ADk_2011_dp.pdf?sequence=1&isAllowed=y Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Ing. David Mañas, Ph.D. [Citace 1. 3. 2019]
- [35] Štěpán Žáček. Lepení polymerů [online]. Zlín, 2010. Dostupné z: https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/14660/%C5%BE%C3%A1%C4%8Dek_2010_bp.pdf?sequence=1&isAllowed=y Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Ing. David Mañas, Ph.D. [Citace 1. 3. 2019]
- [36] Jan Tichý. Povrchové úpravy materiálů [online]. Brno, 2015. Dostupné z: <https://core.ac.uk/download/pdf/30293442.pdf> Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Zdeněk Fiala, Ph.D. [Citace 1. 3. 2019]
- [37] Technologie povrchových uprav. Autor: Miroslav Mohyla. Ostrava 2006 Vysoká škola Báňská technická univerzita Ostrava[Citace 1. 3. 2019]
- [38] Základní barvy a plniče. Dostupné z: <https://www.farlaz.sk/autolaky/zakladne-farby-a-plnice/zaklad-na-plasty-sprej-150ml>[Online] 2015 [Citace 2. 3. 2019]
- [39] Realizace klempířských prací a dovedností, Kapitola 10, Tmely, Ing. Vladimír Polehňa. Dostupné z: <http://www.ssto-havirov.cz/katalog-obrazku/clanek-171/1969-vy-52-inovace-528-10.pdf>[Online] 2012 [Citace 2. 3. 2019]
- [40] Autolaky Liberec, Ladislav Voříšek. Dostupné z: <http://www.autolakyliberec.cz/eshop/karosarske-tmely/uni-univerzalni-plnici-tmel-05kg-tuzidlo-ranal/>[Online] 2018 [Citace 7. 3. 2019]
- [41] Ranal - Fein tmel jemný. Barvy osman laky. Převzato z: <http://www.osman.cz/tmely-a-lepidla/autotmely/ranal-fein-tmel-jemny-detail>[Online] 2019 [Citace 7. 3. 2019]
- [42] Lakování – Plnění. Dostupné z: <https://www.autolaky-eshop.com/clanek/18/lakovani-plneni/>[Online] 2019 [Citace 10. 3. 2019]

- [43] Plnič Body 3+1 2K základový plnič. Body color. Převezato z: http://www.drostra.cz/ProductDocs/38_2.pdf[Online] 2018 [Citace 10. 3. 2019]
- [44] Červený lak ve spreji odstín RAL 3020. Tapety - folie. Převezato z: <https://www.tapety-folie.cz/sprej-cerveny-leskly-400ml-odstin-ral-3020-barva-dopravni-cervena-leskla/d-79489-c-3120/>[Online] 2018 [Citace 12. 3. 2019]
- [45] Katalog produktů 2013. Dostupné z: <http://www.hb-lak.cz/download/KatalogHBLAK.pdf>[Online] 2013 [Citace 12. 3. 2019]
- [46] Ostatní termoplasty – popis termoplastů. Dostupné z: <https://www.koplast.cz/ostatni-termoplasty-popis-termoplastu/>[Online] 2016 [Citace 12. 3. 2019]
- [47] Flammability Testing & Ratings for plastics. RTP corporation. Test UL94. Převezato z: <https://www.rtpcompany.com/products/flame-retardant/flammability-testing-ratings-for-plastics/>[Online] 2019 [Citace 14. 3. 2019]
- [48] Co znamená UL- 94?. Dostupné z: https://www.heyman.cz/media/useruploads/files/cz/technische_angaben/ul-94.pdf?f=1[Online] 2019 [Citace 14. 3. 2019]
- [49] Flammability UL94. Dostupné z: <https://omnexus.specialchem.com/polymer-properties/properties/flammability-ul94>[Online] 2019 [Citace 14. 3. 2019]
- [50] Dřevovláknité desky MDF (luhopol). Dostupné z: <http://www.ddl.cz/produkty-a-sluzby/drevovlaknite-desky-mdf-luhopol.html>[Online] 2018 [Citace 18. 3. 2019]
- [51] Properties of medium density fiberboards made from renewable biomass. Dostupné z: http://www.biomassprocessing.org/Publications/1-Articles/Bioresource%20Technology_2007_properties%20of%20fiber%20boards_Ye%20et%20al.pdf[Online] 2007 [Citace 20. 3. 2019]
- [52] PU lepidlo na dřevo 66A. Dostupné z: <http://www.soudal.cz/produkt/PU-lepidlo-na-drevo-66a>[Online] 2017 [Citace 24. 3. 2019]

Seznam tabulek

1. Tabulka Přehled běžně dostupných základů na plasty
2. Tabulka Chemická odolnost zvoleného ABS plastu
3. Tabulka Technické parametry zvoleného ABS
4. Tabulka Technické parametry lepidla Soudal 66A. Dostupné z:
<http://www.soudal.cz/produkt/PU-lepidlo-na-drevo-66a>
5. Tabulka Technické parametry lepidla Mamut krystal v tubě. Dostupné z:
https://img.demosrade.cz/files/cz/dokumenty/Certifikaty/DenBraven/TL_04_38_Mamut_Glue_CRYSTAL.pdf
6. Tabulka Technické parametry lepidla SPT Professional 05 Plast dvojkartuše. Dostupné z:
https://www.email.cz/download/k/NdXjtuAhfMAbJsauqgQD2SnTbPS08_Yx6YCb0rI5JikgL71lxojdFfq2Szj9mU4XgLxRMo/TDS%20SPT_Professional%2005%20Plast.pdf
7. Tabulka Technické parametry lepidla LOXEAL 30-35 UV. Dostupné z:
https://www.metrum.cz/product/files/tl_loxeal_uv_30-35_cz_10_11.pdf