

# Návrh technológie lepenia

Bc. Tomáš Majerník

---

Diplomova práca  
2008



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2007/2008

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš MAJERNÍK**  
Studijní program: **N 3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Výrobní inženýrství**

Téma práce: **Návrh technológie lepenia**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte rešerši na danú tému.
2. Navrhните prípravok pre lepenie zadaného dielu.
3. Overte funkčnosť návrhu.
4. Vyhodnoťte výsledky.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**Sedliačik, J., Procesy lepenia dreva, plastov a kovov, Vydavateľstvo TU, Zvolen, 2005, 220 s.**

**Jahnátek, L., Grom, J., Náplava A., Teória a technológia spracovania plastov, Vydavateľstvo STU, Bratislava, 2005, 188 s.**

**Mleziva J., Šňupárek J., Polymery -- výroba, struktura, vlastnosti a použití, Sobotáles, Praha, 2000**

**Sedliačik, J., Procesy technológie lepenia, Vydavateľstvo TU, Zvolen, 2002, 56 s.**

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jozef Solár, Ph.D.**  
Slomedical

Datum zadání diplomové práce: **19. února 2008**

Termín odevzdání diplomové práce: **23. května 2008**

Ve Zlíně dne 29. ledna 2008

doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.  
*děkan*



  
doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.  
*ředitel ústavu*

## **ABSTRAKT**

Diplomová práca sa zaoberá optimalizáciou technológie lepenia plastových komponentov pre zdravotnícke sety s využitím strojného zariadenia. Cieľom je zvýšenie produktivity a opakovateľnosti výroby.

V teoretickej časti je popísaná problematika plastov, ich rozdelenie, zloženie, štruktúra a tepelné vlastnosti. Bližšie charakterizuje výrobu, vlastnosti a lepenie PS a PVC, ako aj technológiu vstrekovania plastových dielcov. Oboznamuje s technológiou lepenia plastov.

V praktickej časti je uvedená pôvodná technológia lepenia. Popisuje riešenia výsledného stavu zavedenej technológie, použité zariadenia, prípravky a postupy.

Na základe získaných meraní a výpočtov vyhodnocuje časovo-ekonomický prínos zavedenej technológie.

Kľúčové slová: plasty, lepenie

## **ABSTRACT**

The Diploma thesis concerns pasted plastic components technology optimization intended for medical sets equipped with machinery.

The theory part deals with the issue of plastics, plastics' allotment, composition, structure and thermic characteristics. It characterizes production, attributes and pasting of PS and PVC, as well as technology of injected plastic parts. It acquaints with technology of plastics bonding.

The practice part adduces original technology of bonding. It describes solutions resulting status of established technology, employed installations, preparations and methods.

Next to the base of obtained measurements and calculation results (processed in graphics) the Diploma scores temporal and economical acquisition of implemented technology.

Keywords: plastics, bonded, pasting

Ďakujem vedúcemu diplomovej práce pánovi Ing. Jozefovi Solárovi PhD za odborné vedenie, cenné pripomienky a rady, ktoré mi poskytoval v priebehu vypracovania celej diplomovej práce.

Prehlasujem, že som na diplomovej práci pracoval samostatne a použitú literatúru som citoval. V prípade publikácie výsledkov, ak je to uvoľnené na základe licenčnej zmluvy, budem uvedený ako spoluautor.

V Zlíne, 23. 5. 2008

.....

Podpis diplomanta

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>6</b>
<b>I TEORETICKÁ ČASŤ</b> .....	<b>7</b>
<b>1 PLASTY</b> .....	<b>8</b>
1.1 VÝROBA A ROZDELENIE PLASTOV .....	8
1.2 ZLOŽENIE PLASTOV .....	9
1.3 ŠTRUKTÚRA PLASTOV .....	10
1.3.1 Molekulová štruktúra plastov .....	10
1.3.2 Nadmolekulová štruktúra plastov .....	11
1.4 TEPELNÉ VLASTNOSTI PLASTOV .....	11
<b>2 POLYSTYRÉNOVÉ PLASTY</b> .....	<b>15</b>
2.1 ŠTANDARDNÝ POLYSTYRÉN .....	16
2.2 LEPENIE POLYSTYRÉNU .....	17
<b>3 POLYVINYLCHLORID</b> .....	<b>18</b>
3.1 VLASTNOSTI PVC .....	19
3.2 SPRACOVANIE A APLIKÁCIE PVC .....	19
3.3 LEPENIE PVC .....	20
3.4 VPLYV PVC NA ZDRAVIE A ŽIVOTNÉ PROSTREDIE .....	20
<b>4 ZDRAVOTNÁ NEZÁVADNOSŤ PLASTOV</b> .....	<b>22</b>
<b>5 TECHNOLOGIA SPRACOVANIA PLASTOV</b> .....	<b>23</b>
5.1 ROZDELENIE TECHNOLOGIÍ .....	24
5.2 VSTREKOVANIE .....	25
5.2.1 Vstrekovacie stroje .....	26
5.2.2 Technológia vstrekovania .....	26
<b>6 DOPLNKOVÉ TECHNOLOGIE PRE SPRACOVANIE PLASTOV</b> .....	<b>28</b>
6.1 TECHNOLOGIE SPÁJANIA PLASTOV .....	28
6.2 LEPENIE .....	29
<b>7 TECHNOLOGIA LEPENIA</b> .....	<b>30</b>
7.1 NÁVRH LEPENÝCH SPOJOV .....	32
7.2 PRÍPRAVA POVRCHU .....	32
7.3 LEPIDLÁ A ICH ROZDELENIE .....	33
7.3.1 Metódy nanášania lepidiel .....	34

7.4	VZNIK LEPENÉHO SPOJA .....	35
7.5	LEPENIE PLASTOV .....	37
7.6	MONTÁŽ LEPENÉHO SPOJA.....	39
7.7	POSUDZOVANIE KVALITY LEPENIA A LEPENÝCH SPOJOV .....	40
7.7.1	Chyby lepených spojov .....	43
7.7.2	Prognózovanie vlastností lepených spojov.....	45
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČASŤ .....</b>	<b>46</b>
<b>8</b>	<b>PREDSLOV .....</b>	<b>47</b>
<b>9</b>	<b>CIEĽ DIPLOMOVEJ PRÁCE .....</b>	<b>48</b>
<b>10</b>	<b>ANALÝZA PÔVODNÉHO STAVU TECHNOLOGIE LEPENIA .....</b>	<b>49</b>
10.1	POPIS LEPENEJ ZOSTAVY.....	49
10.1.1	Materiály dielcov lepenej zostavy.....	50
10.2	PROCES MONTÁŽE .....	50
10.3	INJEKČNÝ DÁVKOVACÍ SYSTÉM EFD ULTRA 1400 .....	51
10.3.1	Použité lepidlá.....	54
10.3.2	Časovo-ekonomické zhodnotenie technológie lepenia .....	55
<b>11</b>	<b>MOŽNOSTI A NÁVRHY PRE OPTIMALIZÁCIU .....</b>	<b>58</b>
<b>12</b>	<b>OPTIMALIZOVANÁ TECHNOLOGIA LEPENIA.....</b>	<b>59</b>
12.1	DÁVKOVACÍ ROBOT EFD - ULTRA 325TT.....	59
12.1.1	Parametre dávkovacieho robota EFD – Ultra 325TT.....	60
12.2	UPÍNACÍ PRÍPRAVOK PLASTOVÝCH DIELCOV.....	60
12.2.1	Návrh a výroba prípravku.....	60
12.2.2	Materiály dielcov lepenej zostavy.....	62
12.3	NAPROGRAMOVANIE A NASTAVENIE EFD – ULTRA 325TT.....	62
12.4	POUŽITÉ LEPIDLÁ.....	63
12.4.1	Časovo-ekonomické zhodnotenie technológie lepenia .....	64
<b>13</b>	<b>VYHODNOTENIE ZAVEDENEJ TECHNOLOGIE LEPENIA .....</b>	<b>67</b>
	<b>ZÁVER .....</b>	<b>69</b>
	<b>ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY .....</b>	<b>71</b>
	<b>ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK.....</b>	<b>72</b>
	<b>ZOZNAM OBRÁZKOV .....</b>	<b>74</b>
	<b>ZOZNAM TABULIEK .....</b>	<b>76</b>
	<b>ZOZNAM PRÍLOH.....</b>	<b>77</b>

## ÚVOD

Plasty v súčasnosti majú v modernej spoločnosti stále väčší význam. Plastikársky priemysel sa od druhej polovice 20. storočia stal jedným z najväčších a spracúva asi 12% svetovej spotreby ropy ročne na chemikálie a plasty. Tento pokrok umožnil vzniknúť novým produktom, systémom a technológiám.

S nárastom dopytu po výrobkoch s vysokou funkčnosťou narastá aj zložitosť ich výroby. Hotové výrobky sa stávajú zložitými celkami, pozostávajúcimi z jednoduchších dielov. Potreba spájania jednotlivých dielov zostavy otvára otázku voľby vhodnej technológie spájania, ktorou budú dielce tvoriť finálny výrobok. Výber technológie spájania musí zodpovedať požiadavkám zákazníka na kvalitu tovaru. Zavedením automatizácie opakovaných procesov do sústavy pracovných úkonov pri montáži dochádza ku skráteniu výrobných časov, presnosti a zvýšeniu výrobných kapacít.

S prudkým rozvojom vedy a techniky sa takmer vo všetkých priemyselných odvetviach dostávajú do popredia aj systémy spájania rôznych materiálov pomocou lepidiel.

Medzníkom v používaní lepidiel bol vývoj syntetických lepidiel. Posledné roky sú charakterizované rýchlym rozvojom používania lepených spojov v strojárskom priemysle, automobilovom i leteckom priemysle, v stavebníctve, tiež v zdravotníctve a tovaroch dennej spotreby. Používanie lepidiel znamená nielen určité technologické výhody, ale najmä pomerne veľký ekonomický efekt v uvedených odvetviach, v ktorých sa spotreba lepidiel neustále zvyšuje.

Cieľom diplomovej práce je navrhnutie technológie lepenia pre montážnu výrobu jednorázových zdravotníckych setov.



## **I. TEORETICKÁ ČASŤ**

## 1 PLASTY

Plasty sú organické materiály, ktorých podstatu tvoria makromolekulové látky a ktoré možno formovať teplom alebo tlakom, prípadne oboma činiteľmi súčasne, na rôzne tvary. Ich základné vlastnosti určuje chemická stavba a ich štruktúra. Vzhľadom na kombinačné možnosti v organickej chémii sú možnosti nových druhov plastov neobmedzené.

Nie všetky makromolekulové látky sú plasty. Makromolekulovú stavbu majú napríklad aj biologické látky. Molekuly, ktoré tvoria plastické látky sa od iných molekúl odlišujú svojou veľkosťou. Pri plastoch dosahujú obrovské rozmery. Chemické zlúčeniny možno z tohto hľadiska rozdeliť do dvoch skupín, na nízkomolekulové a vysokomolekulové (makromolekulové). Makromolekulové sú také zlúčeniny, ktorých molekuly sa skladajú z minimálne 1000 atómov [1].

### 1.1 Výroba a rozdelenie plastov

Makromolekulárne látky sú organické zlúčeniny, zložené z makromolekúl, t.j. molekúl s vysokou molekulovou hmotnosťou. Jednoduché zlúčeniny, z ktorých možno pripraviť makromolekulárnu látku, nazývame monomér. Makromolekulárne látky (polyméry) vznikajú z monomérov polyreakciami (opakujúcimi sa chemickými reakciami), pri ktorých chemickými väzbami vznikajú reťazce makromolekuly. Základné polyreakcie sú polymerizácia, polyadícia a polykondenzácia.

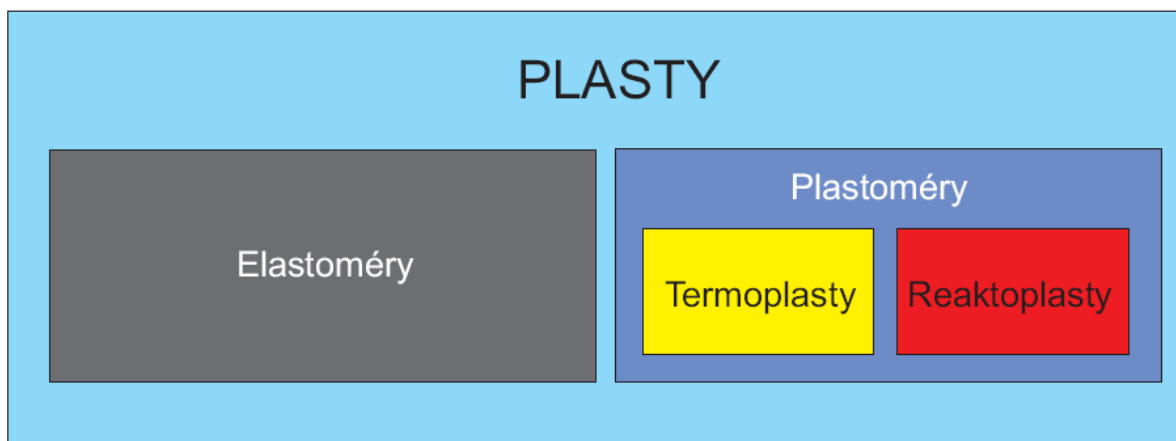
Veľkosť makromolekúl (molekulová hmotnosť) pri bežných polyméroch nie je konštantná (obsahujú makromolekuly s rôznym počtom monomérnych jednotiek, čiže s rôznym polymerizačným stupňom) [2].

Plasty možno triediť podľa viacerých hľadísk. Podľa pôvodu môžu byť prírodné (kaučuk, celulóza, bielkoviny, atď.), alebo umelé (PVC, PE, PP, PS, atď.) Pre technické účely je najdôležitejšie rozdelenie podľa zmien ich vlastností pri zmenách teplôt (Obr. 1), resp. pri pôsobení vonkajších síl:

1. Termoplasty (plastoméry) možno tvárniť teplom. Pôsobením tepla mäknú, ale chemicky sa pri tom nemenia. Možno ich porovnať s voskom, ktorý pri ohreve mäkne a stáva sa ľahko tváriteľný a spracovateľný. Ohrev (po určitú teplotu) možno opakovať bez ovplyvnenia základných vlastností materiálu.
2. Reaktoplasty (duroméry) sú husto zosieťované polyméry, ktoré sú spravidla nerozpustné a netaviteľné. Pôsobením tepla sa mení ich chemická štruktúra,

nemäknú, ale sa "vytvrdzujú". Reaktoplasty možno prirovnať k betónu, ktorý je v priebehu prípravy tvárny a vláčny. Keď však stuhne a stvrdne, už ho nemožno vrátiť do plastického stavu.

3. Elastoméry sú makromolekulové látky, ktoré sa po deformácii rýchlo vracajú do pôvodného tvaru a rozmerov. Hlavnými predstaviteľmi týchto materiálov sú kaučuky a guma [1].

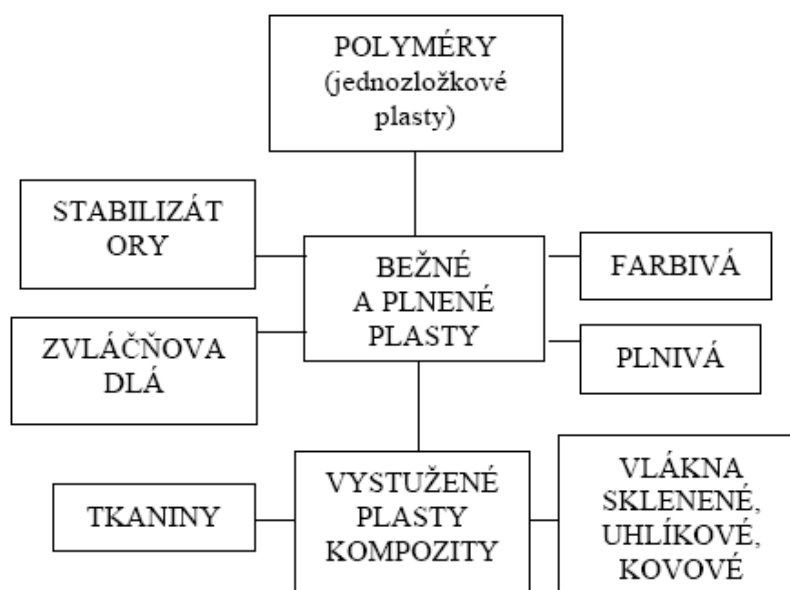


Obrázok 1. Štruktúra rozdelenia plastov

## 1.2 Zloženie plastov

Každý plast predstavuje zmes niekoľkých látok. Najdôležitejšou časťou je základná makromolekulová látka, ktorá je nositeľom fyzikálno-mechanických vlastností. Nazýva sa spojivo. Spojivom je napr. polyetylén, polyamid atď. Okrem spojiva hmota obsahuje ďalšie prísady, ktoré ovplyvňujú mechanické, technologické, chemické a fyzikálne vlastnosti plastov. Používa sa niekoľko základných druhov prísad: plnivá, stabilizátory, mazivá, farbivá, zmäkčovadlá (Obr. 2).

Okrem týchto najčastejšie používaných prísad sa môžu použiť aj rôzne ďalšie, ktoré budú splňať požiadavky na špeciálne vlastnosti výrobkov z plastov [1].



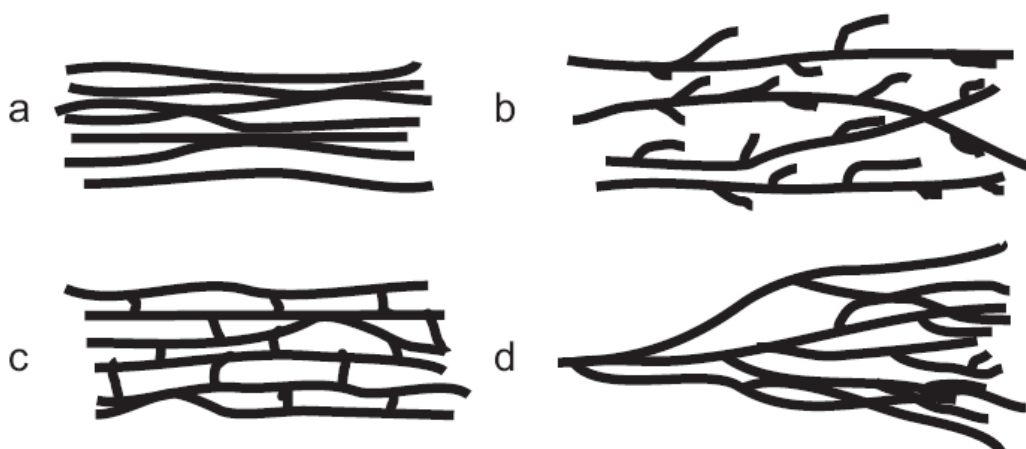
Obrázok 2. Najčastejšie používané prísady plastov

### 1.3 Štruktúra plastov

Štruktúru plastov možno posudzovať z dvoch hľadísk. Z hľadiska makromolekuly ako samostatnej jednotky (jej veľkosťou, chemickým zložením, tvarom) a z hľadiska vzťahov makromolekúl medzi sebou, napr. ich vzájomným usporiadaním [1].

#### 1.3.1 Molekulová štruktúra plastov

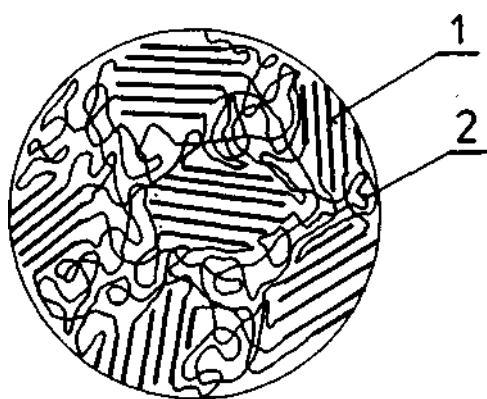
Vlastnosti makromolekulovej látky v značnej miere ovplyvňuje tvar makromolekuly. Tvar makromolekuly môže byť rôzny: lineárny, rozvetvený, sieťovaný alebo priestorový.



Obrázok 3. Molekulová štruktúra polymérov a - lineárna, b - rozvetvená, c - sieťovaná, d - priestorová

### 1.3.2 Nadmolekulová štruktúra plastov

Lineárne štruktúry makromolekulových látok môžu existovať v usporiadanom (kryštalickom) alebo neusporiadanom (amorfnom) stave. Obyčajne však nie sú úplne kryštalické, ale sú zložené z kryštalických a amorfných objemov - sú semikryštalické (obr. 4). Ohraničené kryštalické oblasti sa nazývajú kryštality a sú to oblasti v ktorých sú molekuly usporiadané v určitom priestorovom poriadku. V amorfných oblastiach sú makromolekuly umiestnené chaoticky - nepravidelne. Jedna makromolekula obyčajne prechádza obidvoma oblasťami, kryštalickou i amorfnou.



Obrázok 4. Nadmolekulová štruktúra polymérov

1- kryštalické objemy, 2 – amorfné objemy

Zvyšovanie stupňa kryštalinity sa pri polyméroch prejaví väčšou tuhosťou, tvrdosťou a zmenou ďalších vlastností.

Polyméry s priestorovou štruktúrou nemajú kryštalické usporiadanie molekúl, lebo tuhé priestorové makromolekuly bránia voľnému pohybu segmentov makromolekúl a vytvoreniu kryštalizačných zárodkov, a v konečnom dôsledku tvorbe kryštálov [1].

### 1.4 Tepelné vlastnosti plastov

Z tepelných charakteristík plastov sú veľmi dôležité prechodové teploty. Plasty majú tri prechodové teploty  $T_g$ ,  $T_m$  a  $T_f$ , ktorým zodpovedajú rôzne fyzikálne stavy materiálu. Tieto rozhodujúcim spôsobom vymedzujú oblasť použiteľnosti danej plastickej hmoty.

Z konštrukčného hľadiska sú však dôležité aj ďalšie tepelné vlastnosti:

- teplotná rozťažnosť,
- tepelná vodivosť,
- horľavosť.

Makromolekuly v polyméroch nie sú tuhé reťazce, ale majú určitú obmedzenú pohyblivosť. Táto pohyblivosť vzrastá so stúpajúcou teplotou a je príčinou zmien vlastností hmoty.

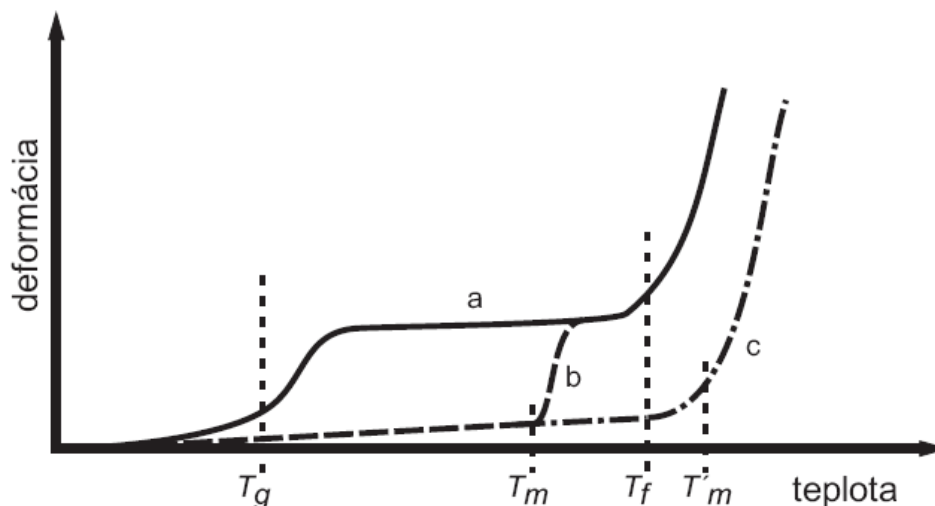
Termoplasty sa ohrevom stávajú ohybné, neskôr mäknú, stávajú sa plastickými a postupne sa menia na taveninu. Niektoré plasty sa však teplom rozkladajú (tepelná degradácia) skôr, ako sa zmenia na taveninu. Plastický stav hmoty, ako dôsledok zvyšovania teploty, vzniká cestou zoslabovania medzimolekulovej súdržnosti. Plasty nemajú ostrý bod tavenia, ako iné anorganické hmoty. Mäknutie plastov prebieha v určitom teplotnom rozmedzí (obr. 5).

Naproti tomu ochladzovaním sa postupne znižuje pohyb makromolekúl; hmota krehne a prechádza do tvrdého - sklovitého stavu.

V závislosti od teploty sa polymér môže vyskytovať v troch fyzikálnych stavoch:

- a) sklovitý (krehký, tvrdý) - stav makromolekulovej látky pod teplotou sklovitého prechodu,
- b) kaučukovitý (elastický, pružný) - stav v ktorom sa polyména hmota ľahko deformuje už malým napätím a táto deformácia je do značnej miery vratná,
- c) viskózne tekutý (husto tekutý, plastický) - stav, kedy začína samovoľný viskózný tok.

Medzi týmito stavmi sú prechodové teploty, pri ktorých sa podstatne menia fyzikálne a mechanické vlastnosti hmoty.



Obrázok 5. Termomechanická krivka polymérov pre a) amorfne objemy, b) kryštalické objemy

Tieto teploty sú rôzne, podľa druhu polyméru (Tab. 1) a označujú sa:

- $T_g$  - teplota sklovitého prechodu - teplota medzi kaučukovitým a sklovitým stavom; charakterizuje amorfne polyméry,
- $T_m$  - teplota tavenia kryštálov - teplota, pri ktorej kryštalické objemy polyméru, pri stúpajúcej teplote, prechádzajú do amorfneho stavu,
- $T_f$  - teplota vzniku viskózneho toku - začiatok samovoľného viskózneho toku - začiatok tečenia materiálu.

Tabuľka 1. Prechodové teploty vybraných plastov

Polymér		$T_g$ [°C]	$T_f, T_m$ [°C]
Polyetylén	PE	-80	130
Polytetrafluóretylén	PTFE	-80	325
Polypropylén	PP	-20	145
Polyamid	PA	45	240
Polymetylmetakrylát	PMMA	65	190
Polystyrén	PS	80	165
Polyvinylchlorid	PVC	83	190
Polykarbonát	PC	150	220

Amorfne polyméry charakterizujú dve prechodové teploty  $T_g$  a  $T_f$ , ktoré teplotne vymedzujú kaučukovitý stav. Uvedené charakteristiky však neplatia pre kryštalické polyméry. Termomechanické krivky amorfných a kryštalických polymérov sa navzájom líšia. Kryštalické polyméry majú v porovnaní s amorfnými užší teplotný interval kaučukovitého stavu alebo oblasť kaučukovitého stavu nemajú.

Kaučukový stav je teda vymedzený pri kryštalických polyméroch intervalom teplôt  $T_m - T_f$ . Ak je bod tavenia kryštálov nad teplotou  $T_f$ , potom polymér prechádza z tuhého stavu priamo do stavu viskózne-tekutého, teda do taveniny [1].

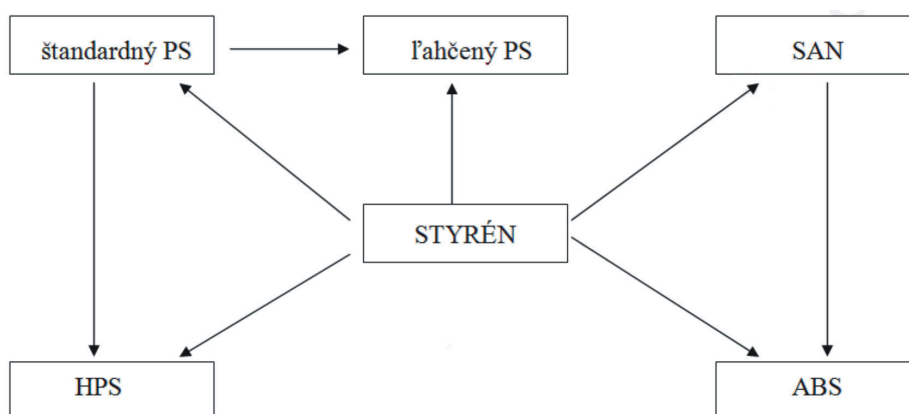


## 2 POLYSTYRÉNOVÉ PLASTY

Skupina polystyrénových plastov zaujíma objemom výroby tretie miesto na svete za polyolefinmi a polivinylchloridom. Na svetovej kapacite výroby plastov sa podieľa asi 12 až 14%. Do tejto skupiny plastov patria tieto typy plastov:

- Štandardné plasty, homopolyméry styrénu s vynikajúcou pevnosťou a leskom, ale sú dosť krehké,
- Spevňovateľné plasty s obsahom nadúvadla, ktoré umožňuje vypenenie materiálu do rôznych foriem pre výrobu ľahčených produktov s nízkou hustotou a s výbornými tepelno-izolačnými vlastnosťami,
- Húževnaté plasty so zníženou krehkosťou, ale neprehliadne a s nižším leskom,
- Kopolyméry styrénu s akrylonitrilom alebo ďalšími monomérmi, určené pre aplikácie vyžadujúce lepšiu odolnosť voči teplu, rozpúšťadlám, alebo mechanickému namáhaniu,
- Polyméry ABS, húževnaté typy, pri ktorých výrobe sa vychádza z akrylonitrilu, butadiénu a styrénu ako monomérov.

Príprava týchto základných typov polystyrénových plastov je znázornená na obr. 6. Veľký rozvoj výroby a spotreby polystyrénových plastov bol vyvolaný nízkou cenou monomerného styrénu, dobrou spracovateľnosťou týchto polymérov a ich výhodnými vlastnosťami.

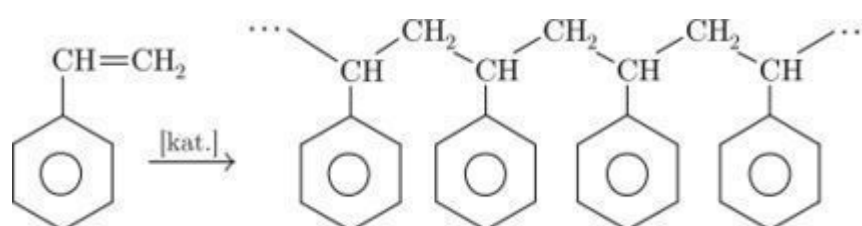


Obrázok 6. Príprava základných skupín polystyrénových plastov

## 2.1 Štandardný polystyrén

Monomérený styrén polymerizuje veľmi ľahko, bez prítomnosti inhibítorov voľne už stánim pri normálnej teplote. Značné urýchlenie polymerizácie urýchľuje svetlo, teplo a iniciátory. Preto sa styrén pred skladovaním a dopravou stabilizuje prídavkom inhibítorov. Pre technickú polymerizáciu je vhodný len veľmi čistý monomér, minimálne 99,6%-ný, zbavený inhibítorov. Styrén polymerizuje ľahko všetkými polymerizačnými mechanizmami.

Zloženie polystyrénu:  $(\text{CH}_2\text{-CH}(\text{C}_6\text{H}_5))_n$



Obrázok 7. Polymerizácia styrénu

Prakticky sa však pri výrobe polystyrénových plastov uplatňuje výhradne radikálový mechanizmus. Najdôležitejšou výrobnou technológiou pre štandardný polystyrén je bloková a suspenzná polymerizácia. Styrén je zdravotne nezávadný.

Štandardný polystyrén sa vyznačuje vysokým leskom, výbornými elektroizolačnými vlastnosťami a dobrou rozmerovou stálosťou vzhľadom na zmenu teploty. Hodnota  $\overline{M}_w$  býva medzi 100 000 až 400 000. Pomer  $\overline{M}_w / \overline{M}_n$  1,8 až 4,0 podľa použitej technológie. Technický polystyrén je ataktický a nerozvetvený. Izotaktický polystyrén je kryštalický a má vysokú  $T_m$  (220 až 230°C), kým  $T_m$  ataktického amorfného polyméru je 90 až 130 °C. Technický polystyrén má vysoký index lomu a hustotu 1,05 g cm<sup>-3</sup>. Pri bežných podmienkach sú polystyrény dostatočne odolné proti tepelnej degradácii aj oxidácii. Aplikácie sa tiež nezameriavajú na vyššie teploty (hranica použiteľnosti je 75°C), preto sa štandardné typy vyrábajú bez prídavkov antioxidantov. Materiál nie je doporučovaný pre vonkajšie použitie, keďže fotodegradáciou žltne a krehne. Veľmi nízka je absorpcia vody (<0,1%). Polystyrén sa rozpúšťa v aromatických uhľovodíkoch, vyšších ketónoch, tetrahydrofuranu a.i. Odoláva účinkom alkoholov, vody, minerálnych olejov a zriedených anorganických kyselín. Má veľký sklon k vzniku trhlin koróziou za napätia, čo vylučuje jeho

použitie na mechanicky namáhané výrobky prichádzajúce do styku s povrchovo aktívnymi látkami (uhl'ovodíky, freóny, alkoholy, tuky). Je tvrdý, ale dosť krehký.

PS sa spracováva prevažne injekčným vstrekováním (asi 75% svetovej výroby) pri teplote 180 až 240°C. Dodáva sa v pestrej palete transparentných a krycích farebných odtieňoch. Používa sa prevažne v spotrebnom priemysle, obalovom, potravinárskom a hračkárskom (tégliky, misky, podnosy, elektrotechnické súčiastky). V menšom množstve sa používa tiež na výrobu polystyrénových náterových hmôt odolných voči kyselinám a zásadám. Náterové filmy sú však tvrdé a treba ich zmäkčovať [3].

## 2.2 Lepenie polystyrénu

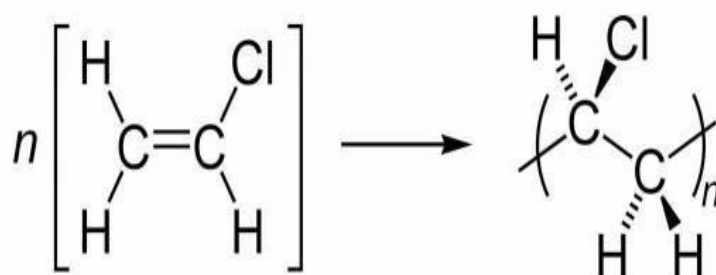
Štandardný a húževnatý polystyrén (PS) patrí k nepolárnym polymérom. PS je polymérnym materiálom rozpustným v organických rozpúšťadlách s výnimkou etylalkoholu a benzínu. Pred lepením sa lepené plochy PS zdrsnia brúsnym papierom a odmastia sa etylakoholom. PS možno lepiť použitím rozpúšťadiel ako je metyletylketón, etylacetát, alebo roztokovými lepidlami pripravenými vo forme 10-15%-ných roztokov PS v metyletylketóne, akrylátovými lepidlami, alebo aj chloroprénovými roztokovými lepidlami. PS sa lepí pri normálnej teplote a po nanesení lepidla sa adhézny spoj fixuje miernym tlakom.

Penový PS sa lepí bezrozpúšťadlovými lepidlami na báze epoxidov. Použiť možno aj niektoré disperzné lepidlá, ktoré vytvárajú po vyschnutí filmy s permanentnou lepivosťou [9].

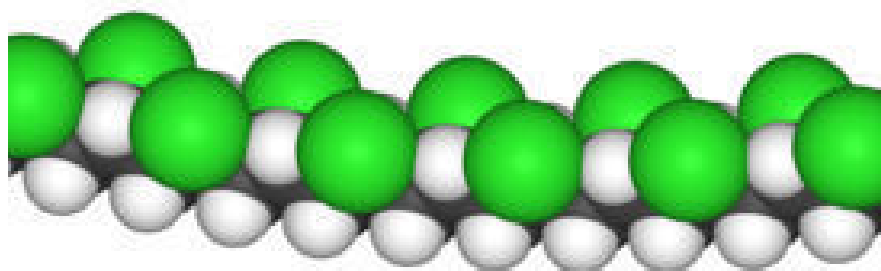
### 3 POLYVINYLCHLORID

Polyvinylchlorid (PVC) je termoplastický polymér, využívaný v početných technických aplikáciách. PVC je druhým najmasovejšie produkovaným polymérnym materiálom. Vyrába sa polymerizáciou vinylchloridu s použitím katalyzátorov na báze voľných radikálov. V ideálnom prípade obsahuje molekula PVC uhlíkový reťazec (podobne ako u polyetylénu) ale s atómom chlóru na každom druhom uhlíkovom atóme.

Hlavné polymerizačné metódy zahŕňujú suspenznú, resp. emulznú alebo blokovú polymerizáciu. Roztoková polymerizácia - v minulosti používaná hlavne pri produkcii elektroizolácií - sa v súčasnosti prakticky nepoužíva. Na obr. 8 je vyobrazený reťazec PVC.



Obrázok 8. Polymerizácia PVC [15]



Obrázok 9. Reťazec PVC [15]

U reálneho reťazca PVC však nachádzame aj rozvetvenia, ktoré sú "slabými miestami" polymérneho reťazca [10].

### 3.1 Vlastnosti PVC

PVC je syntetická termoplastická látka s molekulovou hmotnosťou v rozmedzí 30 000 až 150 000. Väčšina makromolekúl je orientovaná lineárne, nepatrná časť je rozvetvená. Aj keď sú chlórové atómy v PVC veľmi polárne, sú v polymérnom reťazci viazané relatívne pevne a sú prakticky nepohyblivé, z čoho rezultujú dobré elektrické vlastnosti PVC ako izolantu. Tepelná a svetelná stabilita PVC sa zvyšuje primiešavaním stabilizátorov. Polovýrobky z PVC je možné použiť do teploty 40 až 60 °C, v špeciálnych prípadoch do 80°C.

PVC je stály voči pôsobeniu väčšiny zriedených aj koncentrovaných kyselín a lúhov, minerálnych olejov, alkoholov a vody. Odoláva pôsobeniu kyslíka a ozónu. Pri korozívnych účinkoch sú dôležitými faktormi teplota, koncentrácia činidla a čas pôsobenia. Rozpúšťa sa v cyklohexanóne, dioxáne, tetrahydrofuráne, dimetylformamide, v aromatických a chlórovaných uhľovodíkoch, v niektorých esteroch, v pyridíne a sírouhlíku. V benzíne, olejoch a nepolárnych uhľovodíkoch sa PVC nerozpúšťa [10].

### 3.2 Spracovanie a aplikácie PVC

Na priemyselné spracovanie prichádza PVC vo forme bieleho prášku. Z hľadiska úpravy jeho úžitkových vlastností sa do PVC primiešavajú vhodné pomocné látky ako sú zmäkčovadlá, stabilizátory, plnivá, pigmenty, nadúvadlá, mastivá a pod. Pomocné látky musia spĺňať náročné kritériá čo sa týka znášateľnosti s polymérom, vysokej účinnosti, odolnosti voči migrácii (“vypocovaniu”), extrakcii vodou a inými kvapalinami ako aj zabezpečeniu dobrých mechanických a elektrických vlastností, estetickej a hlavne fyziologickej nezávadnosti.

V bežnej praxi sa PVC spracováva na tvrdé alebo mäkké výrobky. Spracovanie PVC na mäkké výrobky je rozšírenejšie ako spracovanie tvrdého PVC. Spracovateľskú technológiu PVC je možné rozdeliť na tri kategórie:

- spracovanie nemäkčeného PVC na tvrdé výrobky,
- spracovanie mäkkého PVC na ohybné, mäkké výrobky,
- nanášanie vo vode dispergovaných latexov na tkaninu alebo papier [10].

### 3.3 Lepenie PVC

Polyvinylchlorid (PVC) sa vyrába ako tvrdý PVC (Novodur) alebo ako mäkkčený PVC (Novoplast). PVC patrí medzi najčastejšie používané polyméry s tepelnou odolnosťou u mäkkčeného typu cca do 60°C. Z Novoduru sa vyrábajú dosky, výlisky a rúrky. PVC je termoplastom, ktorý možno lepiť roztokovými lepidlami, napr. roztokom chlórovaného PVC v metylénchloride, roztokom polymetylmetakrylátu v chloroforme alebo metylcyklohexanóne. Dobré lepidlo sa pripraví aj rozpustením PVC v tetrahydrofuráne alebo v zmesi tetrahydrofuránu s dimetylformamidom, prípadne butylénglykolformamidu s trikrezylfosfátom a krezolom. Menej namáhané súčiastky alebo súčiastky menších rozmerov možno lepiť použitím cyklohexanónu alebo tetrahydrofuránu vždy pod pomerne veľkým tlakom. Pred lepením sa Novodur najprv odmastí organickým rozpúšťadlom, napr. acetónom alebo benzínom. Lepidlo sa obojstranne naniesie v tenkej vrstve, lepené plochy sa pritlačia k sebe a fixujú sa počas 8 až 12 hodín pri normálnej teplote. Pri lepení rúrok sa lepidlo naniesie iba na zasúvaciu časť rúrky. Konečnú pevnosť získa lepený spoj pri normálnej teplote po 24 hodinách.

Mäkkčený PVC (fólie, koženky, tapety) sa často vyrába s nalisovaným textilom alebo papierom. Povrch mäkkčeného PVC sa starostlivo odmastí organickým rozpúšťadlom, jemná vrstva lepidla sa naniesie na obe lepené plochy a lepený spoj sa zaťaží minimálnym tlakom [9].

### 3.4 Vplyv PVC na zdravie a životné prostredie

Prevažná väčšina PVC produktov obsahuje prídavné chemické látky, tzv. aditíva, ktoré menia jednak fyzikálno-mechanické vlastnosti, jednak charakter chemického zloženia výsledného materiálu. V priebehu životnosti výrobku z takto upraveného PVC sa tieto aditíva môžu vylučovať - vytesňovať na povrch výrobkov. Používatelia takýchto výrobkov sú vystavení problému kontaktu s týmito chemikáliami. Obzvlášť závažné sú tieto skutočnosti v prípade produkcie detských hračiek a medicínskych pomôcok (napr. hadičky a vaky pri transfúzii krvi) a pod. Bolo preukázané, že z týchto doteraz bežne používaných produktov sa uvoľňuje DEHP. Z toho dôvodu v januári 2006 vyšla smernica EU (Smernica 2005/84/EC), ktorá vymenúva šesť typov ftalátov, ktoré nie je možné používať pri výrobe hračiek. V USA sa zatiaľ takýto zákaz neuplatňuje, avšak väčšina výrobcov hračiek dobrovoľne eliminovala použitie ftalátov pri ich výrobe. Čo sa týka výrobkov pre medicínske

použitie, americká federálna Food and Drug Administration (FDA) v roku 2002 skonštatovala, že ftaláty v týchto výrobkoch nie sú používané v množstvách a spôsobom, ktorý by rezultoval vo významnom pôsobení týchto chemikálií na ľudský organizmus. FDA však doporučil, aby sa použitie ftalátov výrazne obmedzilo v prípadoch, keď sa produkty používajú pre skupiny s vysokou citlivosťou (najmä novorodenci). Pôsobenie a účinky zmäkčovadiel na báze ftalátov na ľudský organizmus doposiaľ nie sú preskúmané do tej miery, aby bolo možné vysloviť záväzné závery. Podľa výsledkov niektorých medicínskych štúdií zmäkčovadlá pridávané do PVC môžu pri chronickej expozícii vzácne spôsobovať sklerodermiu, cholangiokarcinóm, angiosarkóm, karcinóm mozgu a akroosteolýzu. V tejto súvislosti však treba poznamenať, že hoci výrobky z PVC sa používajú už viacero desaťročí, v súčasnosti nemáme dôkaz o ich závažnejších negatívnych účinkoch [10].

PVC je najväčším zdrojom dioxínov, ktoré vznikajú pri jeho spaľovaní a ktoré sa hromadia v tukových tkanivách a dlhodobo sa nerozkladajú. Spôsobujú poruchy imunitného systému, hormonálnej činnosti, vyvíjajúceho sa plodu v tele matky, nervového systému. Dioxíny môžu byť zodpovedné až za 12% prípadov rakoviny obyvateľov priemyselného sveta [11].

#### 4 ZDRAVOTNÁ NEZÁVADNOSTĚ PLASTOV

Pri využívaní plastových výrobkov sa očakáva ich neškodnosť pre zdravie človeka. Pri posudzovaní zdravotnej nezávadnosti plastových výrobkov sa vychádza z predpokladu, že:

- neobsahujú škodlivé látky
- všetky použité suroviny, ktoré môžu byť zdrojom rôznych škodlivých látok, sú v posudzovaných výrobkoch pevne zabudované, a teda nemôže dochádzať k únikom škodlivých látok do okolia ani k bezprostrednému ohrozeniu užívateľov.

V tomto kontexte sú veľmi dôležité informácie o chemickom zložení a o toxických účinkoch zložiek pri určitých koncentráciách.



## 5 TECHNOLOGIA SPRACOVANIA PLASTOV

Súhrn metód, operácií a procesov, pri ktorých z produktov syntézy polymérov vznikajú plastové výrobky s úžitkovými vlastnosťami, zahŕňame do pojmu spracovanie. Všeobecne technológia znamená spôsob výroby. Pozostáva zo sústavy pracovných úkonov, operácií, do ktorých vstupujú materiály a v ktorých za spolupôsobenia strojov, nástrojov a pracovných síl a za vhodných technologických podmienok vzniká výrobok.

**Pretržitý proces** sa vyznačuje tým, že jednotlivé jeho štádiá prebiehajú na tom istom zariadení v časovo neustálenom slede. Uskutočňujú sa v periodicky pracujúcich zariadeniach. Tieto sa plnia surovinou, podrobujú sa výrobnému procesu, ktorého etapy nasledujú za sebou podľa zvolenej postupnosti. Po ich ukončení sa zo zariadenia vyberie hotový produkt a proces sa opakuje.

**Nepretržitý proces** sa vyznačuje tým, že všetky jeho štádiá prebiehajú súčasne pri nezmenených úrovniach výrobných podmienok. Na začiatku vstupujú do systému suroviny a bez prerušenia sa zo zariadenia získavajú produkty. Táto technológia sa vyznačuje vysokou produktivitou práce a vysokou výkonnosťou.

**Kombinovaný proces** má niektoré štádiá, ktoré prebiehajú v nepretržitom, iné v pretržitom režime.

**Výhody nepretržitých procesov spočívajú najmä v tom, že:**

1. Majú možnosť úplnej automatizácie a mechanizácie, ktorá podmieňuje zníženie podielu ručnej práce na minimum a tým aj zvýšenie produktivity práce.
2. Získavajú sa rovnomernejšie výrobky s vyššou akosťou.
3. Pracujú pri vysokej výkonnosti, nízkych investičných nákladoch s malým podielom na údržbe.

Zavádzaním pružných výrobných systémov sa rozdiely medzi nepretržitou a pretržitou výrobou vyrovnávajú [4].

## 5.1 Rozdelenie technológií

Technológie spracovania plastov možno rozdeliť na:

- a) **Základné** zahŕňajú postupy, ktorých výsledkom sú polotovary použiteľné v ostatných iných pridružených a doplnkových technológiách. Do tejto skupiny zahrňame drvenie, mletie, miešanie, separáciu, granuláciu, valcovanie a vytlačanie. Produktom týchto technológií sú práškové plasty, granuláty, fólie, dosky, profily, rúry, tyče a iné výrobky.
- b) **Pridružené** spracovateľské technológie využívajú polotovary pripravené v základných technológiách na výrobu konečných produktov. Tieto produkty majú definovateľnú úžitkovú hodnotu. Sem patrí vstrekovanie, vyfukovanie, laminovanie, liatie, lisovanie, pretlačanie a iné. Vyrábajú sa tvarovo členité výrobky ako súčasti strojov a zariadení, produkty obalovej techniky, duté obaly na uskladňovanie kvapalných látok a ich prepravu.
- c) **Doplnkové** technológie sa používajú pri ďalšom spracovávaní polotovarov aj hotových výrobkov, čím sa zvyšuje ich úžitková hodnota. Sem patrí napr. obrábanie, delenie, spojovanie, povrchové ochrany, metalizovanie aj potlač.

Spracovateľské technológie sú rozdelené do systému podľa typu spracovávaného plastu, pričom sa v zásade rozdeľujú na technológie spracovania termoplastov a reaktoplastov a na spôsoby spoločné pre oba typy plastov. Ďalej sa delia podľa účinku, ktorý sa pri spracovaní dosahuje. Sem patrí tvárnenie (formovanie), čo je základná premena polotovaru, spojená napr. so skupenskou alebo fázovou premenou, tvarovanie (preformovanie), pri ktorom nastáva len premena tvaru polo výrobku. Ďalej je to spojovanie, delenie alebo vytváranie povlakov a zušľachtovanie vzhľadom na výrobok. Spracovateľské technológie (Tab. 2) umožňujú z daného polovýrobku vyrobiť výrobok s požadovanými akostnými aj ekonomickými parametrami [4].

Tabuľka 2. Prehľad technológií spracovania plastov

<b>Technológia</b>	<b>Termoplasty</b>	<b>Reaktoplasty</b>
<b><i>Tvárnenie</i></b>	vstrekovanie vytláčanie vyfukovanie spekanie ľahčenie	vstrekovanie priame lisovanie pretláčanie laminovanie vrstvenie
<b><i>Tvarovanie</i></b>	ohýbanie tvarovanie	
<b><i>Spojovanie</i></b>	zváranie lepenie	nitovanie lepenie
<b><i>Delenie</i></b>	obrábanie rezanie strihanie	obrábanie rezanie strihanie
<b><i>Poplášťovanie</i></b>	fluidizácia vykladanie	fluidizácia vykladanie
<b><i>Zušťachtovanie</i></b>	máčanie striekanie natieranie pokovovanie potláčanie	máčanie striekanie natieranie pokovovanie potláčanie

## 5.2 Vstrekovanie

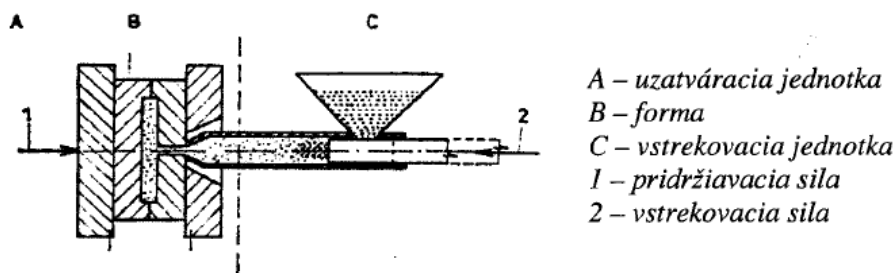
Vstrekovanie je jedna z hlavných operácií pri spracúvaní plastov. Vstrekovanie umožňuje ekonomicky produkovať kvalitné a dostatočne presné výrobky - výstreky zo širokého výberu plastov.

Vstrekovanie v jednej operácii mení polymér (väčšinou granule) na hotový výrobok. Väčšinou sa výstrek vybraný z formy dodáva priamo spotrebiteľovi alebo ho možno použiť na kompletizáciu iných zariadení.

Vstrekovanie má niekoľko ďalších výhod. Napríklad presné navrhnutie formy môže eliminovať ďalšie opracovanie. Vtokové zvyšky možno v prípade termoplastov rozomlieť a znovu spracovať, čím sa straty polyméru znižujú na minimum. Vstrekovací cyklus je relatívne rýchly a možno ho automatizovať [4].

### 5.2.1 Vstrekovacie stroje

Základný princíp vstrekovania je znázornený na obr. 10. Plast sa roztaví v taviacej komore a tavenina plastu sa piestom vstrekuje do uzavretej chladenej formy. Po stuhnutí taveniny sa forma otvorí, výstrek sa vyberie a stroj je pripravený na ďalšiu operáciu.



Obrázok 10. Vstrekovací stroj s piestovou vstrekovacou jednotkou

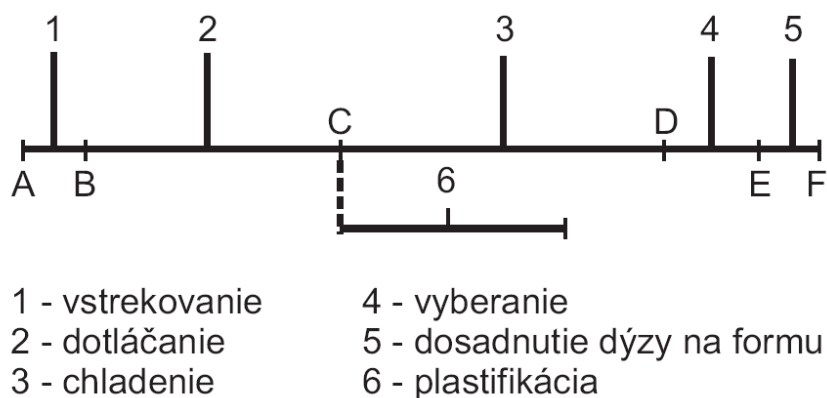
Princíp vstrekovacieho stroja bol objavený v roku 1872; stroj sa skladá z troch základných prvkov: plastifikačnej a vstrekovacej jednotky, uzatváracej jednotky a formy.

### 5.2.2 Technológia vstrekovania

Ako už bolo uvedené, vstrekovací proces možno rozdeliť na tieto hlavné fázy:

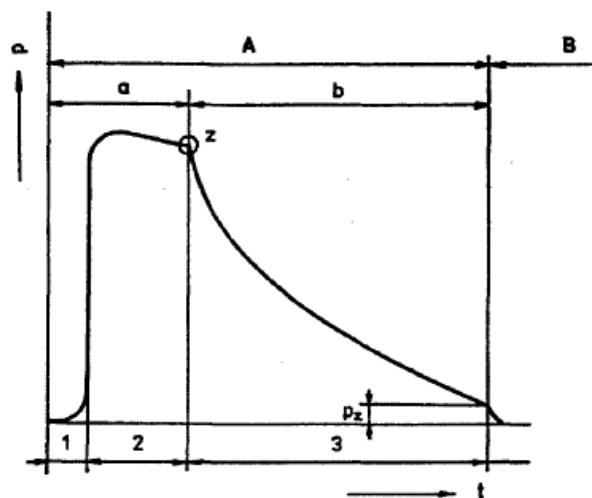
- plastifikácia materiálu v tavnom valci;
- vstreknutie taveniny do formy;
- dotlačanie taveniny a jej chladenie vo forme;
- vybratie výstreku z formy.

Časový priebeh vstrekovacieho cyklu je znázornený na obr. 11.



Obrázok 11. Časový priebeh vstrekovacieho cyklu

Priebeh tlaku v dutine formy je schematicky znázornený na obr. 12.



1 – vstrekovanie

2 – dotlačanie

3 – chladenie

a – piest (závitovka) sa pohybuje dopredu

b – piest (závitovka) sa pohybuje dozadu

A – forma zatvorená

B – forma otvorená

$p_z$  – zvyškový tlak

Z – zatuhnutie vtoku

Obrázok 12. Časová závislosť tlaku v dutine formy pri vstrekaní

## 6 DOPLNKOVÉ TECHNOLOGIE PRE SPRACOVANIE PLASTOV

Medzi doplnkové technológie sa radia všetky technológie, ktoré nie je možné zaradiť do tvárniacich technológií. Patria sem jednak technológie na úpravu povrchu (lakovanie, kaširovanie, laminovanie, pokovovanie, povlakovanie, dezénovanie, potlač, atď.), jednak technológie využívajúce kvapalné systémy (máčanie, natieranie, impregnácia), technológie určené pre spájanie plastov (lepenie, zváranie, nitovanie, atď.) a technológie obrábania plastov [7].

- Obrábanie, rezanie, strihanie, sústruženie, frézovanie, vrtanie, pílenie, brúsenie, razenie, sekanie, rezanie závitov a hobľovanie,
- Spájanie mechanické pomocou rôznych spojok, tvarovou úpravou, spájanie lepením rozpúšťadlami, lepidlami a spájanie zvaraním
- Dodatočná úprava: vzorovanie, potlačovanie, leštenie, leptanie, pokovovanie, patinovanie,

### 6.1 Technológie spájania plastov

Tieto technológie slúžia na spájanie plastov navzájom medzi sebou, alebo s inými materiálmi. Spoj môže byť prevedený ako rozoberateľný (skrutkové, západkové, trubkové, háčikové, a i.), alebo ako nerozoberateľný (lepenie, zváranie, mechanicky: nalisovanie, nitovanie). Niektoré spôsoby spájania sú znázornené na obr. 13 [7].



Obrázok 13. Niektoré možné spôsoby spájania [7]

## 6.2 Lepenie

S prudkým rozvojom vedy a techniky sa takmer vo všetkých priemyselných odvetviach dostávajú do popredia aj systémy spájania najrôznejších materiálov pomocou lepidiel.

Medzníkom v používaní lepidiel bol vývoj syntetických lepidiel, epoxidových, polyvinylacetátových a rôznych typov modifikovaných syntetických lepidiel, ako aj kaučukových roztokových lepidiel na báze špeciálnych syntetických elastomérov.

Posledné roky sú charakterizované rýchlym rozvojom používania lepených spojov v strojárskom priemysle, automobilovom i leteckom priemysle, v stavebníctve, v drevo-priemysle a v ďalších odvetviach. Používanie lepidiel znamená nielen určité technologické výhody, ale najmä pomerne veľký ekonomický efekt v uvedených odvetviach, v ktorých sa spotreba lepidiel neustále zvyšuje.

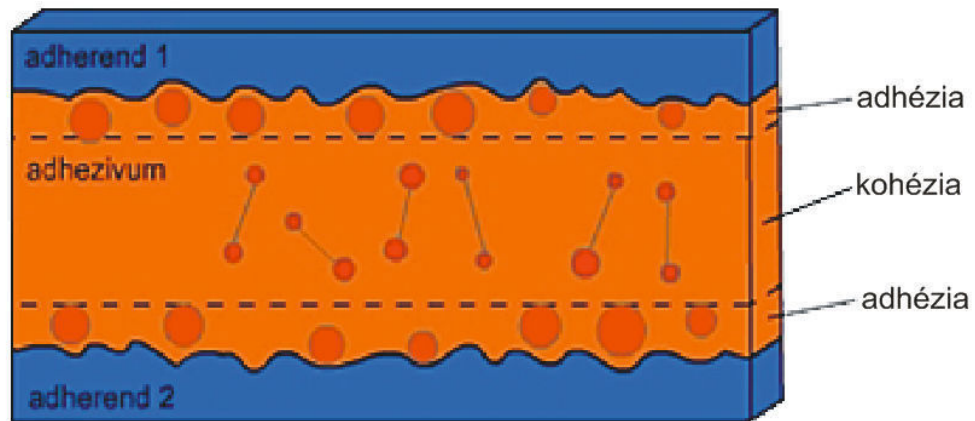
Zvýšený záujem je o lepenie plastov, gumy, dreva a kombinácie najrôznejších adherendov. O tom, že sa dá lepením dosiahnuť vysoká pevnosť spojov svedčí aj to, že v súčasnosti sa lepidla používajú v takých náročných aplikáciách, ako napr. v leteckom priemysle a kozmickej technike, lepené spoje predstavujú aj zníženie hmotnosti a nákladov na vykonanie spoja. V súvislosti s porovnávaním hospodárnosti niektorých spojov spájania kovov bolo zistené, že keď náklady na lepenie = 100, potom náklady na zváranie dosahujú hodnoty 120 a pri nitovaní od 120 do 180. Preto sa na celom svete venuje veľká pozornosť nielen vývoju nových lepidiel, ale aj technológii lepenia, aby sa aspoň v niektorých prípadoch dala zjednodušiť. Napriek veľkým výhodám, ktoré má lepenie, treba vykonať laboratórne skúšky s každým novým lepidlom a dokonale overiť jeho vlastnosti, prípadne vlastnosti lepeného spoja.

Pri aplikácii všetkých druhov lepidiel treba dodržiavať technologické postupy lepenia predpísané výrobcom lepidla, ako aj bezpečnostné predpisy pri práci s lepidlom, lebo niektoré sú horľavinami I. stupňa, alebo sú iným spôsobom škodlivé ľudskému zdraviu.

Technológia lepenia je jedným z dôležitých prvkov procesu chemizácie a modernizácie priemyslu. Preniká postupne do väčšiny výrobných odvetví, kam prináša mnoho špeci-fických konštrukčných a technologických predností. Patrí k najdôležitejším alternatívam v automatizácii montážnych a dokončovacích prác [5].

## 7 TECHNOLOGIA LEPENIA

Lepenie je proces spájania adherendov prostredníctvom lepidiel, pri ktorom sa využívajú adhezívne sily medzi adherendom a lepidlom spolu s kohéziou lepidla (Obr. 14) [5].



Obrázok 14. Princíp lepeného spoja [5]

Výhodou lepenia je, že môžeme lepiť akékoľvek materiály a diely rôznej veľkosti a hrúbky. Nedochádza k narušeniu štruktúry ako napríklad pri nitovaní, k ovplyvneniu a narušeniu štruktúry ako pri zváraní a zachová sa vonkajší vzhľad. Navyše pri dynamickom namáhaní rozvádza lepený spoj napätie rovnomernejšie a spoje sú tiež tesné a nepriepustné pre tekutiny a pary. Medzi ďalšie výhody technológie lepenia patrí jednoduchý postup pri lepení, relatívne veľká pevnosť pri malej hmotnosti, možnosť zlepovať aj ohybné predmety, minimálna lokálna koncentrácia napätí pri správnom prevedení lepeného spoja. Nevýhodou je dokonalá príprava povrchu a doba, počas ktorej musí dojsť k stuhnutiu alebo vytvrdnutiu lepidla, nižšia tepelná (niekedy aj chemická a mechanická) odolnosť lepeného spoja proti základnému materiálu a nízka odolnosť proti odlupovaniu [7].

Pre vytvorenie kvalitného lepeného spoja je potrebné zaistiť:

- správny návrh konštrukcie spoja,
- správnu voľbu materiálu (tj. lepidla a materiálu lepených plôch),
- správnu povrchovú úpravu lepených plôch,
- dodržanie predpísaného postupu pri použití zvoleného lepidla,



- vytvorenie dokonalých mechanických a fyzikálno-chemických podmienok pre vznik väzieb.

Väčšinu plastov je možné všeobecne lepiť prakticky všetkými druhmi lepidiel a dá sa konštatovať, že lepenie je použiteľné pre tie plasty, ktoré majú vzhľadom k svojej chemickej povahe a polárnemu charakteru dostatočnú adhéziu k lepidlám [7].

Pred použitím lepeného spoja je nutné zvážiť výhody a nevýhody lepeného spoja v porovnaní s inými spojovacími metódami.

Výhody:

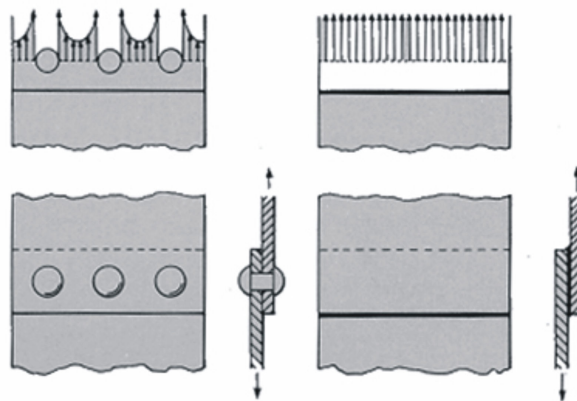
- spoj je trvalý, čo zabezpečuje distribúciu napätia cez lepenú plochu (vylučujú sa miestna koncentrácie napätia),
- väčšina lepidiel má dobré mechanické tlmiace vlastnosti (tlmenie hluku, vibrácií)
- montáž sa dá vo väčšine prípadov prevádzať pri relatívne nízkych teplotách,
- spoj je plyný a vodotesný a ako taký vytvára spoľahlivý tesný uzáver,
- môžu sa spájať úplne rôzne materiály,
- lepenie znižuje hmotnosť celej konštrukcie oproti iným spojom
- lepenie je v porovnaní s inými spojovacími technikami pomerne jednoduché.

Nevýhody:

- pevnosť spoja je často nízka v porovnaní s inými spojovacími technikami,
- lepidla väčšinou vykazujú zlé vlastnosti zaťaženia na lúpanie a štiepenie,
- plnej pevnosti sa dosahuje až po vytvrdení,
- lepidlá môžu byť napádané niektorými chemikáliami,
- väčšinou nie sú vhodné pre spoje s premenlivým zaťažením,
- často je obtiažne oddeliť spojené diely nedeštruktívnou metódou,
- s ohľadom na zdravie musí byť pri ich použití dbané na bezpečnostné predpisy. [6]

## 7.1 Návrh lepených spojov

Lepené spoje sú vystavené napät'ovým, tlakovým, strihovým, odlupujúcim, alebo rozštepným silám, často aj ich kombináciami. Lepidlá sú najodolnejšie pokiaľ ide o pevnosť v strihu (Obr. 15) a tlaku, ale vykazujú nízku odolnosť pri zaťažení na lúpanie a štiepenie. Ďalej musia byť lepené spoje navrhnuté tak, aby sa tieto štiepacie, alebo lúpacie sily minimalizovali, alebo úplne vylúčili.



Obrázok 15. Priebeh napätia v nitovanom a lepenom spoji

## 7.2 Príprava povrchu

Pevnosť lepených spojov je určená priľnavosťou použitého lepidla a povrchom materiálu. Adhézne sily sú ovplyvnené elektrostatickými a chemickými efektami a ako také veľmi závisia na príprave povrchu. Dobrú priľnavosť je možné dosiahnuť vhodnou prípravou povrchu, kým zlá, alebo žiadna príprava spôsobí, že lepený spoj je slabší a spôsobí nakoniec poruchu.

Je vhodné začať s lepením čo najskôr po príprave povrchu. Povrchy sa pripravujú jednou z nasledujúcich prípravných procedúr (podľa narastajúcej efektívnosti s ohľadom na pevnosť vytvoreného spoja):

- očistenie a odmastnenie – špina, mastnota a farba bráni dobrej priľnavosti,
- mechanické obrúsenie stredne hrubozrnným brúsnym papierom – zvyšuje a aktivuje kontaktné povrchy častí, ktoré majú byť spojené,

- chemická príprava povrchu – chemické naleptanie podstatne zvyšuje afinitu lepených povrchov k lepidlu, vedľa chemického naleptania je tiež možná aktivácia povrchu plameňom alebo koronovým výbojom. V prípade rozpúšťadlového lepenia chemické naleptanie materiálu odpadáva.

### 7.3 Lepidlá a ich rozdelenie

Lepidlo je prostriedok na adhezívne spojenie - zlepenie dvoch adherendov. Lepidlo môže byť jednozložkové i viaczložkové.

Lepidla sú nekovové materiály rastlinného a živočíšneho pôvodu, alebo pripravené synteticky, ktoré majú vysokú vnútornú súdržnosť a priľnavosť k povrchu tuhých látok. Na základe týchto vlastností sú schopné tieto látky spájať.

Najčastejšie rozlišujeme lepidla podľa pôvodu a chemického zloženia. Podrobné rozdelenie lepidiel je uvedené v tabuľke 3.

Tabuľka 3. Rozdelenie lepidiel podľa kritérií [5]

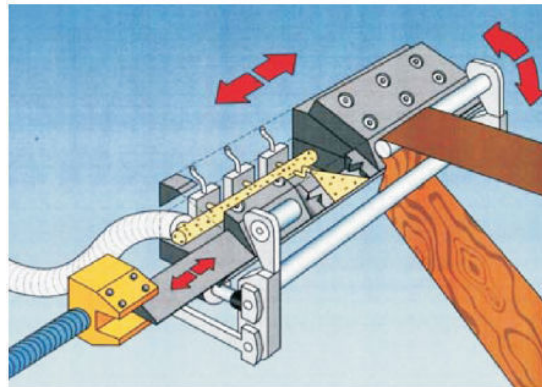
Podľa pôvodu	organické	anorganické	zmiešané
	a) z prírodných surovín: živičné, škrobové, glutínové, kazeínové, albumínové, bitúmenové, šelak, včelí vosk, arabská guma, tragant, kolofónia, kanadský balzam, proteín (sója)	vodné sklo, cementy, sadra, keramické, metalické, fosfátové	albumín - cement, albumín - síra, Močovino-formaldehydové s vodným sklom
	b) syntetické: polykondenzačné, polymerizačné, polyadičné		
Podľa konzistencie	tuhé	polotuhé	tekuté
	lepiace fólie, lepidla v prášku a granulách	lepiace pásy, lepiace pasty, lepiace tmely	lepidla v roztoku, lepidla disperzné
Podľa spôsobu tuhnutia	lepidla reaktívne	lepidla nereaktívne	
	a) jednozložkové: tuhnúce účinkom zvýšenej teploty alebo vzdušnej vlhkosti	a) roztokové: tuhnúce v dôsledku vytekania vody alebo organického rozpúšťadla	
	b) dvoj a viaczložkové: tuhnúce vplyvom tvrdiacich katalyzátorov za normálnej a zvýšenej teploty	b) disperzné: tuhnúce v dôsledku oddifundovania vody do podkladu	
		c) tavné: tuhnúce po ochladení škáry na normálnu teplotu	
		d) stále lepidlo	

Podľa tepelných vlastností filmu lepidla	termosetické	termoplastické	kaučukové
	fenolformaldehydové, rezorcinolformaldehydové, močovinoformaldehydové, melamínformaldehydové, epoxidové, polyuretánové, polyesterové, polyaromatické, furánové	polyvinylacetátové, polyvinylchloridové, polymetakrylátové, polyvinylacetátové, polystyrénové, polyamidové, lepidla z derivátov celulózy, polyhydroxyéterové, polysulfónové	chlórkaučukové, polychlóprénové, polybutadién-akrylonitrilové
Podľa odolnosti filmu lepidla k vode	neodolné	krátkodobo odolné	trvalo odolné
	škrobové, glutínové, albumínové, polyvinylalkoholové, metylcelulózoové, karboxymetylcelulózoové	močovinoformaldehydové, polyvinylacetátové, nitrát-celulózoové, polyvinyléterové, kazeínové	fenolformaldehydové, rezorcinolformaldehydové, melamínformaldehydové, polyuretánové, polyesterové, polymetakrylátové, epoxidové

### 7.3.1 Metódy nanášania lepidiel

Podmienkou dosiahnutia kvalitného lepeného spoja je nanosenie súvislej a rovnomernej vrstvy (hrúbky) lepidla. Spôsob nanášania lepidla môže byť:

- ručný - štetce, tyčinky, stierky, tuby, sitá a pod.,
- pomocou prípravkov - vyťahovacie pištoly, mechanické dávkovače, ručné nožové a válcové natieracie zariadenia,
- strojové - polievacie zariadenie, zariadenie s natieracím nožom a vzduchovým nožom, striekanie pomocou pištoly, elektrostatické nanášanie, a pod.,
- pomocou tepelných procesov - naťahovanie, žiarové striekanie, vyťahovanie taveniny [7].



c) štrbinová dýza

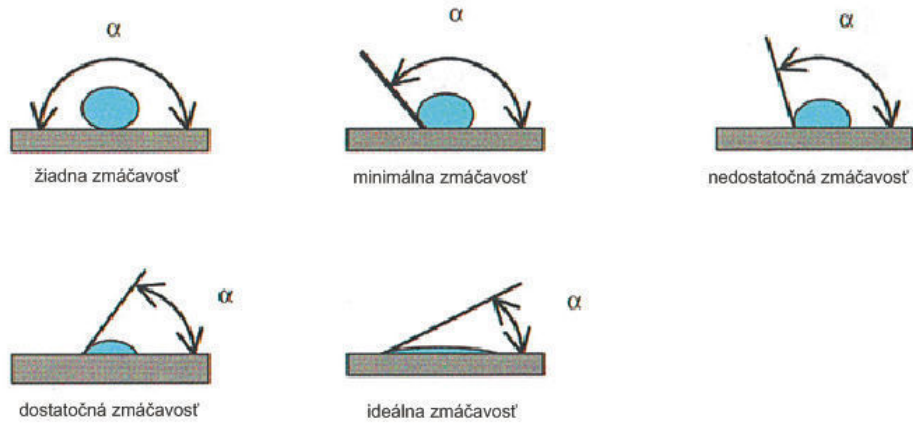
Obrázok 16. Príklady nanášacích zariadení

## 7.4 Vznik lepeného spoja

Ak zabezpečíme, aby kvapalná látka prešla do tuhého skupenstva v časovom intervale, keď sú ňou stykové plochy zmáčané, stáva sa za predpokladu adhézných vlastností lepidlom.

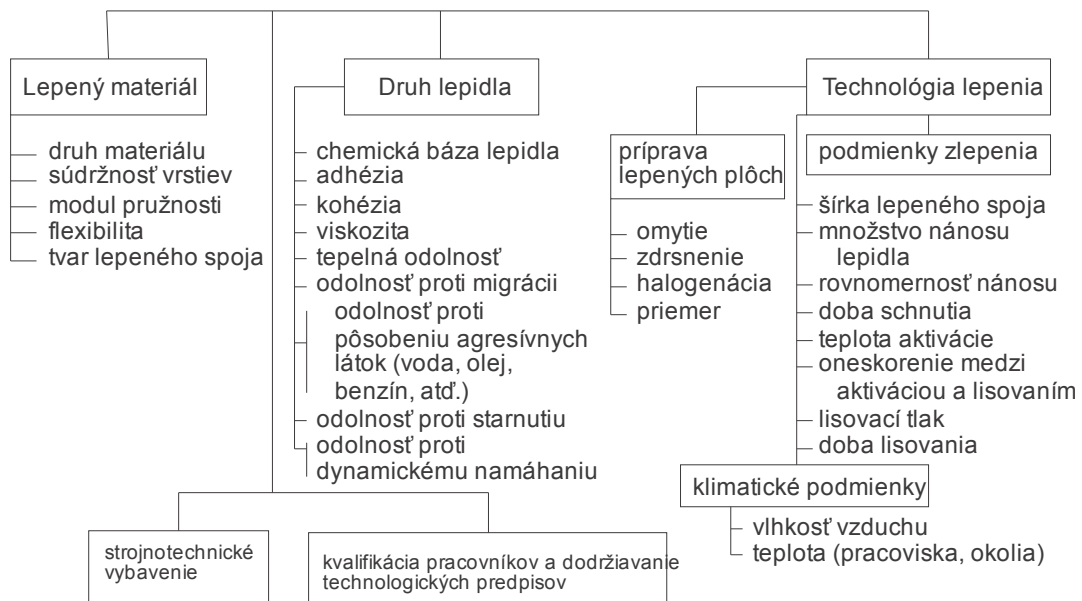
Tento časový interval je niekoľko sekúnd (kontaktné lepidla, tavné lepidla) až niekoľko hodín (lepidla tvrdnúce stratou rozpúšťadla, termoreaktívne lepidla tvrdnúce chemickou polykondenzačnou, polyadičnou alebo polymerizačnou reakciou) [5].

Najčastejšie vzniká dobrá priľnavosť kvapalných látok k tuhým látkam. Kvapalná látka sa dobre prispôsobuje nerovnostiam povrchu tuhých látok, pričom je nevyhnutné, aby kvapalná látka tuhý povrch dokonale zmáčala (rozlievala sa po ňom). Príklady schopnosti zmáčania povrchu sú zobrazené na obr. 17.



Obrázok 17. Zmočavosť lepidiel [7]

Na vznik a prevedenie lepeného spoja má vplyv množstvo faktorov uvedených aj na obrázku 18.



Obrázok 18. Faktory ovplyvňujúce prevedenie lepeného spoja

## 7.5 Lepenie plastov

Lepenie plastov sa dá charakterizovať ako technologický proces, pri ktorom sa vytvára nerozoberateľné spojenie dvoch rovnakých alebo odlišných materiálov za použitia zvoleného adheziva (lepidla). Na rozdiel od lepenia kovov sa lepenie plastov javí ako jednoduché spojovanie polymérov polymérny, ale problematika nie je tak jednoduchá, ako sa na prvý pohľad môže zdať. Polymérne materiály sú totiž oveľa komplikovanejšie ako kovy a odlišujú sa molekulárnou hmotnosťou (rozdielna distribúcia častíc), ale aj množstvom prísad (farbivá, zmäkčovadlá, stabilizátory, atď.), z ktorých mnohé bránia lepeniu.[7]

Plasty rozdeľujeme do dvoch hlavných skupín:

- Plasty na podklade termosetov sú fenoplasty, aminoplasty, polyestery, epoxidy.
- Plasty na podklade termoplastov sú deriváty celulózy, polyvinylacetát, polyetylén, polypropylén, polystyrén, polyamid, polymetakrylát, polyvinylchlorid, polyestery (ďalej netvárniteľné lamináty) [5]

### a) Lepenie termosetov

Technológia lepenia je náročnejšia z hľadiska voľby lepidla v dôsledku vysokých mechanických a tepelných vlastností a z hľadiska chemickej odolnosti a tiež vzhľadom k častej anizotropii vlastností. Na druhej strane je lepenie jednoduchšie oproti termoplastom v dôsledku netaviteľnosti vytvrdeného plastu [7].

Termosety spájame takmer výlučne lepením reaktívnymi lepidlami. Pri lepení termosetov s druhým termosetom volíme bezrozpúšťadlové lepidla. Pri lepení termosetových plastov na pórovitý materiál môžeme použiť lepidla obsahujúce rozpúšťadlo.

Povrchy lepených materiálov (termoset a termoset) očistíme a prebrúsime jemným šmirgl'ovým papierom. Prach z brúsenia odstránime a obidva lepené dielce natrieme lepidlom. Použijeme čo najmenšie množstvo lepidla (100 až 120 g/m<sup>2</sup>). Vytvrdzovanie môže prebiehať pri normálnej teplote alebo pri zvýšenej teplote. Lisovací tlak sa pri neľahčených termosetoch pohybuje v rozmedzí 0,5 až 2 MPa.

Fenoplasty a výrobky z nich lepíme navzájom epoxidovými lepidlami alebo fenolovými lepiacimi fóliami pri teplotách 130 až 150 °C.

Aminoplasty po očištění a obrúsení lepíme epoxidovými lepidlami rovnakého typu ako fenoplasty.

Pri polyesteroch a epoxidoch je najdôležitejšie lepenie polyesterových a epoxidových laminátov, predovšetkým sklenených polyesterových laminátov, ktoré sa vyrábajú priemyselne. Techniku laminovania možno použiť aj pri opravách karosérií.

Sklolamináty môžeme po predchádzajúcej úprave (odmastenie, obrúsenie) navzájom lepiť. Na vzájomné lepenie sklolaminátov sú vhodné dvojzložkové epoxidové lepidlá. Odporúčané lisovacie tlaky sú v rozmedzí 0,5 až 1 MPa [5].

#### *b) Lepenie termoplastov*

Termoplasty tvoria veľmi veľkú skupinu plastov, ktoré sa svojimi chemickými a fyzikálnymi vlastnosťami značne líšia. Počet výrobkov z rôznych plastov sa neprestajne zväčšuje a súčasne s tým sa zväčšuje aj potreba ich opráv a údržby lepením [5].

Lepenie termoplastov sa delí buď na termoplasty dobre lepiteľné (stredná polarita), ako je PS, PMMA, PVC, ABS, PC alebo na termoplasty obtiažne lepiteľné, ako je PA (silne polárny), PET a na termoplasty, ktoré je možné lepiť len po náročnej úprave povrchu (oxidácia pre zvýšenie polarity alebo pridanie polárnych plnív) a pevnosť lepeného spoja nie je vyššia ako 30% pevnosti základného lepeného materiálu. Patria sem polyolefíny a fluoroplasty [7].

Univerzálne lepidlo na lepenie termoplastov neexistuje. Pevnosť vzniknutého lepeného spoja je silne ovplyvnená druhom plastu, charakterom povrchu, úpravou termoplastu pred lepením, spôsobom lepenia a samozrejme druhom lepidla.

Pri voľbe lepidla záleží aj na tom, ako bude lepený spoj namáhaný a akým chemickým vplyvom a vplyvom korózie bude lepený spoj vystavený.

Termoplasty vo forme roztokov, predpolymérov alebo monomérov sú dobrými lepidlami na príslušné termoplasty. Termoplasty môžeme lepiť aj čistými rozpúšťadlami (výnimku tvoria polyetylén, polypropylén a polyamid), príklady sú uvedené v tabuľke 4.



Tabuľka 4. Rozpúšťadlá vhodné na vzájomné lepenie termoplastov

Plast	Rozpúšťadlo
polyvinilacetát PVAc	acetón, trichlóretylén, acetón
polystyrén	metyletylketón, benzén, trichlóretylén
polymetakrylát	chloroform, etyléndichlorid
polyvinilchlorid (PVC)	metylénchlorid, cyklohexanón
kopolymér PVC-PVAc	cyklohexanón
chlórový PVC	acetón, chloroform

Pôsobením uvedených rozpúšťadiel na povrch polyméru nastáva naleptanie a vytvorenie lepidivého filmu.

Spájané plochy pred lepením dôkladne očistíme. Na očistené plochy sa nanáša rozpúšťadlo a po vzniku lepidivého filmu, ktorý je vlastne hustým roztokom polyméru, sa lepené časti k sebe priložia. Pri lepení používame minimálne tlaky (pritlačenie) a lepíme pri normálnej teplote.

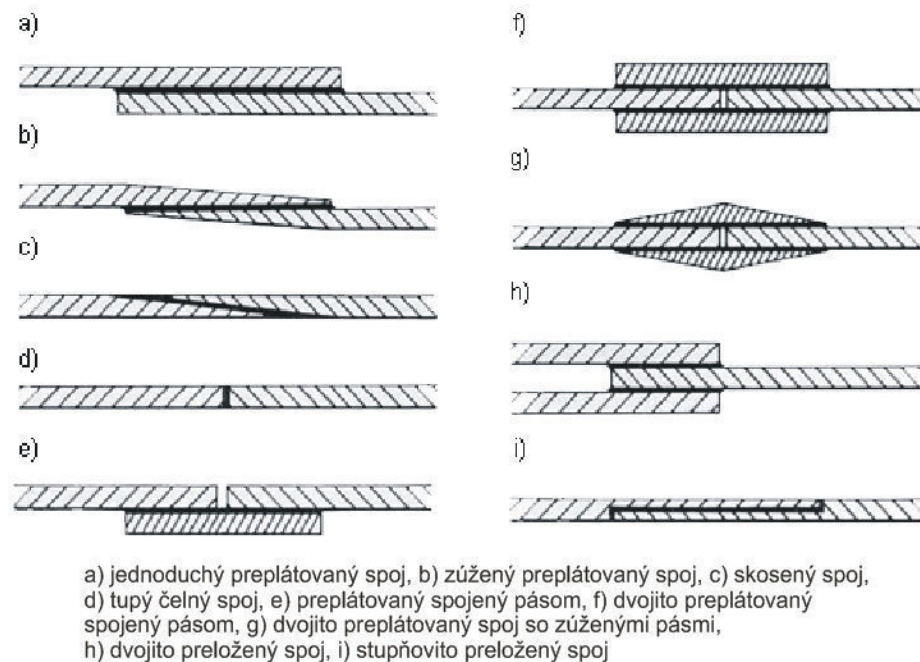
Termoplasty môžeme navzájom lepiť aj roztokmi polymérov v príslušných organických rozpúšťadlách. Výhoda tohto spôsobu lepenia je v tom, že roztoky polymérov sú viskóznejšie ako samo riedidlo a po nanesení na lepenú plochu vytvárajú súvislý film s vyšším obsahom sušiny [5].

## 7.6 Montáž lepeného spoja

Lepidlo sa prejavuje svojou viskozitou a priľnavosťou k lepeným materiálom a preto je pri lepení veľmi dôležitá tzv. montážna doba. Je to doba, behom ktorej dôjde k priloženiu druhého lepeného materiálu. Po spojení musí dôjsť k zafixovaniu spojovaných materiálov a musí začať pôsobiť tlak, ktorý spôsobí dokonalé priľnutie k lepeným povrchom a zaistí dosiahnutie požadovanej hrúbky lepidla, fixáciu dielov, preniknutie lepidla do pórov. Tlak nesmie byť príliš veľký, aby nedošlo k vytlačeniu lepidla.

Vytvorenie pevného lepeného spoja prebieha väčšinou pôsobením teploty za súčasného pôsobenia tlaku, alebo pri normálnych podmienkach okolia. Lepenie za studena prebieha pri teplote 15 až 25 °C, lepenie za zvýšených teplôt je nad 25°C a pri teplote 100 °C ide o lepenie za tepla (nebezpečenstvo vzniku pnutia vplyvom odlišnej rozťažnosti).

Medzi základné druhy lepených spojov patrí skosený spoj, preplátovaný a so stykovou doskou. Ďalšie druhy sú uvedené na obr. 19. Pri namáhaní lepeného spoja najskôr dochádza k deformácii lepeného materiálu a následne k deformáciám lepidla. Najmenšiu pevnosť majú lepené spoje, ak sú namáhané na odlupovanie – na ohyb. Najviac odolávajú namáhaniu na šmyk [7].



Obrázok 19. Druhy lepených spojov [7]

## 7.7 Posudzovanie kvality lepenia a lepených spojov

Pre definíciu kvality bolo vypracovaných veľa definícií, ktoré sa však v princípe svojho obsahu zhodujú. Kvalita je súhrn vlastností a znakov výrobku alebo služby, ktoré im dávajú schopnosť uspokojovať vopred stanovené alebo predpokladané potreby. Kvalitu výrobku  $K_v$  v našom prípade lepeného spoja označujeme ako súhrn vlastností  $V$  vyjadrujúcich schopnosť, spôsobilosť výrobku, lepeného spoja plniť požiadavky naň kladených.

$$K_v = f(V) \quad (1)$$

Kvalita lepeného spoja býva najčastejšie posudzovaná z pevnostného hľadiska. Pevnostné hľadisko na posúdenie kvality lepeného spoja je možné považovať za rozhodujúce. Vyplýva z tradičných praktických požiadaviek na využitie lepených spojov plastov.

Komplexnejšie posúdenie kvality lepeného spoja si však vyžaduje systémový prístup a okrem kritéria pevnosti je nevyhnutné zaviesť aj iné kritéria. Vytvára sa tak systém hodnotenia kvality lepeného spoja  $SHK_{LS}$ . Schématické zobrazenie hodnotenia kvality je na obrázku 20.

$$SHK_{LS} = f(PP_V, EV_V, EZ_V) \quad (2)$$

kde:  $PP_V$  - kritérium pevnostné a prevádzkové,

$EV_V$  - kritérium estetické a vzhľadové,

$EZ_V$  - kritérium ekologické a zdravotné.

Kritériá pre definovanie a posudzovanie  $SHK_{LS}$  nie je možné z hľadiska vývoja a poznania považovať za definitívne uzavreté. Systém hodnotenia kvality lepeného spoja je otvorený systém s možnosťou pričleňovania ďalších kritérií. Pričlenenie nových kritérií závisí od požiadaviek kladených na kvalitu lepeného spoja, stupňa poznania vlastností vstupných materiálov a vývoja technológií lepenia.

Kvalitu lepeného spoja  $K_{LS}$  ovplyvňuje skupina rozličných faktorov, ktorých pôsobenie z hľadiska časuje definované do dvoch časových období:

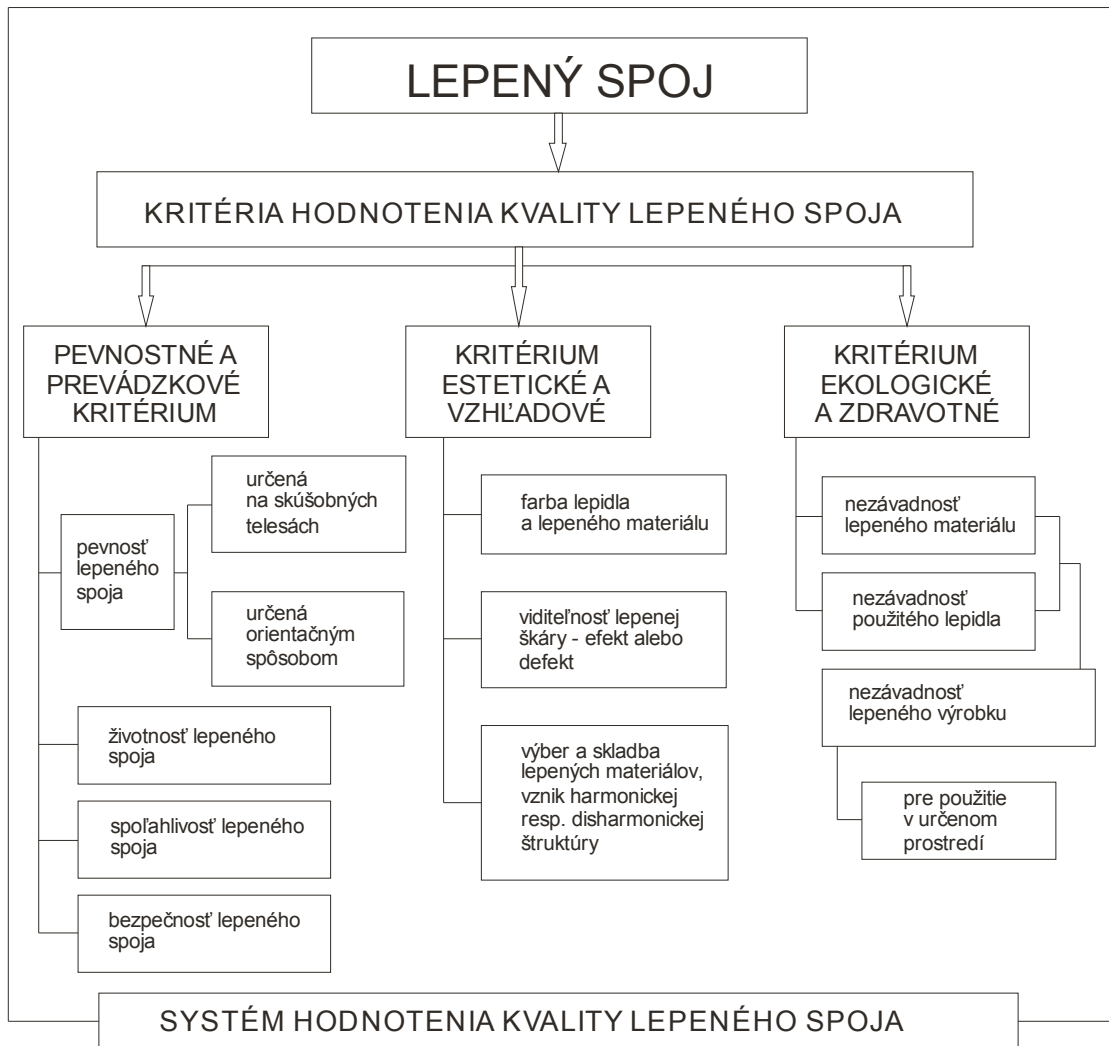
$F_V$  – faktory pôsobiace na kvalitu lepeného spoja v čase jeho výroby  $t_V$ ,

$F_P$  - faktory pôsobiace na kvalitu lepeného spoja v čase jeho používania  $t_P$ ,

$$K_{LS} = f(F_V, F_P) \quad (3)$$

$$F_V = f(t_V) \quad (4)$$

$$F_P = f(t_P) \quad (5)$$



Obrázok 20. Systém hodnotenia kvality lepeného spoja [8]

Do skupiny faktory pôsobiace v čase výroby lepeného spoja  $F_V$  patria:

- $F_P$  - faktory zohľadňujúce vlastnosti lepeného plastu,
- $F_L$  - faktory zohľadňujúce vlastnosti použitého lepidla,
- $F_{TT}$  - faktory technologicko-technické,
- $F_K$  - faktory návrhu konštrukcie lepeného plastu.

$$F_V = f(F_P, F_L, F_{TT}, F_K; t_V) \quad (6)$$

Do skupiny faktory pôsobiace v čase používania lepeného spoja  $F_P$  patria:

- $F_M$  - faktory klimatické,
- $F_N$  - faktory mechanického namáhania lepeného spoja,

- $F_T$  - faktory času namáhania lepeného spoja,
- $F_Z$  - faktory spôsobu namáhania lepeného spoja.

$$F_P = f(F_M, F_N, F_T, F_Z; t_P) \quad (7)$$

Z uvedeného členenia vyplýva, že ide o pomerne zložitý systém skupiny faktorov pôsobiacich na kvalitu lepeného spoja [8].

### 7.7.1 Chyby lepených spojov

Kvalitný lepený spoj je výsledkom súhry viacerých činiteľov majúcich vplyv na lepenie. Súhrn týchto priaznivých okolností vystihujú podmienky pre lepenie uvedené v technologickom postupe. Ak sa nedodrží predpísaný postup, vznikajú rozličné chyby.

Charakteristické typy lepených spojov:

Dokonalý spoj: Lepené plochy na seba tesne doliehajú. Vytvrdnuté lepidlo tvorí medzi lepenými plochami tenký homogénny film. Na porušenie spoja je potrebná veľká sila, pri násilnom odtrhávaní lepených častí vzniká spravidla porušenie lepeného spoja v spájanom materiále.

Rozlepený spoj: Spoj je miestami alebo po celej ploche voľný, pozorujeme škáry v lepenom spoji. Príčinou vzniku takéhoto spoja môže byť:

- nedostatočné opracovanie lepených povrchov, takže k sebe nedoliehajú,
- nedostatočný lisovací tlak pri lepení,
- veľké napätie v lepenom výrobku,
- nerovnomerná, v niektorých miestach chýbajúca vrstva lepidla (pozri chudobný spoj),
- predčasne vytvrdnutá vrstva lepidla pred zalisovaním lepených dielcov (pozri zamrznutý, predsušený spoj),
- nedokonalé vytvrdnutie lepidla v lepenom spoji,
- porušenie v okolí lepeného spoja účinkom lepidla alebo jeho zložiek (pozri zdanlivo pevný spoj).

Chudobný lepený spoj: Spoj síce nemá zjavne rozlepené miesta, na jeho porušenie je však potrebná pomerne malá sila, pričom sa neporuší materiál v okolí lepeného spoja. V lepenom spoji sa nevytvoril súvislý film lepidla, pretože lepidlo vsiaklo do lepeného povrchu.

Príčinou vzniku takého spoja môže byť:

- nedostatočná viskozita použitého lepidla,
- nedostatočný nános lepidla,
- príliš krátky čas zostavenia lepených dielcov,
- príliš veľký lisovací tlak, ktorým sa lepidlo zatlačilo do materiálu alebo vytlačilo z lepeného spoja,
- príliš pomalé vytvrdzovanie lepidla v lepenom spoji.

Zrnitý spoj: Spoj je málo pevný, po rozrezaní má film vytvrdnutého lepidla krupicovitú štruktúru. Príčiny:

- nedostatočne rozpustené práškové lepidlo,
- značný obsah nadstavovadla alebo plniva v lepiacej zmesi,
- nedokonalé premiešame lepiacej zmesi,
- prílišná vlhkosť lepeného materiálu, ktorá spôsobuje vyzrážanie lepidla v roztoku.

Zamrznutý spoj: Spoj je málo pevný, pri násilnom porušení spoja sa na jednej z lepených plôch objaví súvislý film lepidla. Druhá z lepených plôch je celkom čistá, bez stopy po lepidle. Stáva sa to pri nanášaní lepidla na jednu plochu. Pri obojstrannom nanášaní lepidla nastáva porušenie vo vytvrdnutom filme lepidla, pričom na oboch lepených plochách zostáva prilepený súvislý film lepidla. Príčinou vzniku takéhoto spoja môže byť:

- predčasné vytvrdnutie vrstvy lepidla ešte pred aplikáciou lisovacieho tlaku,
- použitie lepidiel alebo lepiacich zmesí nadmerne rýchle tvrdnúcich.

Nezakotvený spoj: Spoj je málo pevný, pri násilnom rozlúpnutí spoja môžeme síce pozorovať v škáre súvislý film lepidla, ten však neprilipne pevne na lepenú plochu. Túto chybu môže zapríčiniť:

- znečistenie lepeného povrchu masťami alebo prachom,
- príliš vysoká viskozita lepidla alebo lepiacej zmesi,
- predčasné, úplné alebo čiastočné vytvrdnutie vrstvy lepidla pri jednostrannom nanášaní lepidla (pozri aj zamrznutý spoj).

Zdanlivo pevný spoj: Lepený spoj je málo pevný. Po násilnom rozlúpnutí sa porušuje v priamej blízkosti vytvrdnutého filmu lepidla v lepenom materiáli a na filme lepidla zostáva súvislá vrstvička zvyškov lepeného materiálu. Príčinou vzniku takéhoto spoja môže byť:

- nevhodné opracovanie lepeného povrchu, ktorým sa porušila pevnosť povrchovej vrstvy,
- malá pevnosť lepeného materiálu, porušený povrch,
- narušenie pevnosti lepidlom alebo niektorými jeho zložkami [5].

### 7.7.2 Prognózovanie vlastností lepených spojov

Pojmom prognózovanie rozumieme predpoveď zmeny východiskových vlastností spoja v priebehu dlhodobého využívania pri pôsobení rozličných podmienok. Spôsoby prognózovania sa najčastejšie zakladajú na skúškach, pri ktorých prebieha intenzívnejší pokles pevnosti alebo iných vlastností spojov ako v reálnych podmienkach. Intenzita skúšok sa pritom nemusí prejavovať na kvalitatívnej stránke daných zákonitostí. Základné metódy prognózovania možno rozdeliť do dvoch skupín: metódy, v ktorých sa neberie do úvahy pôsobenie vonkajších síl a metódy s dlhodobým namáhaním. Až dosiaľ sa častejšie používali metódy prvej skupiny, hoci majú len obmedzený význam, keďže lepené spoje sa využívajú predovšetkým pod zaťažením. Okrem toho tieto metódy dávajú len nepriamu predstavu o prvom medznom stave - pevnosti, ale nemožno ich použiť na posúdenie druhého medzného stavu - deformovateľnosti, ktorá sa musí brať do úvahy vo väčšine výrobkov súčasne s pevnosťou [5].

## **II. PRAKTICKÁ ČASŤ**



## **8 PRED SLOV**

Spoločnosť SLOMEDICAL s.r.o. bola založená v roku 2003 a je jednou z mála firiem svojho druhu na Slovensku, ktorá sa špecializuje na výrobu jednorazových zdravotníckych materiálov a pomôcok používaných v zdravotníckych zariadeniach pri jednotlivých výkonoch v rámci chirurgických disciplín a tiež v rámci internej medicíny.

Nová, vyššia kvalita zdravotníckych produktov, ako aj nový dizajn sú predpokladom ďalšieho zvyšovania kvality zdravotníckych výkonov.

## 9 CIEĽ DIPLOMOVEJ PRÁCE

Cieľom diplomovej práce je optimalizácia výrobného procesu lepenia plastových komponentov pre zdravotnícke sety. Pôvodná výroba lepenia pozostáva z ručného nanášania silikónového lepidla za pomoci dispenzora.

Cieľom je nahradenie ručného nanášania lepidla za pomoci iného strojného zariadenia, ktoré by zabezpečilo rýchlejšie výrobné časy a zaručovalo vysokú opakovateľnosť výrobného procesu, t. j. rovnaké nanesenie potrebného množstva lepidla.

Pre zavedenie optimalizovaného výrobného procesu je potrebné navrhnuť:

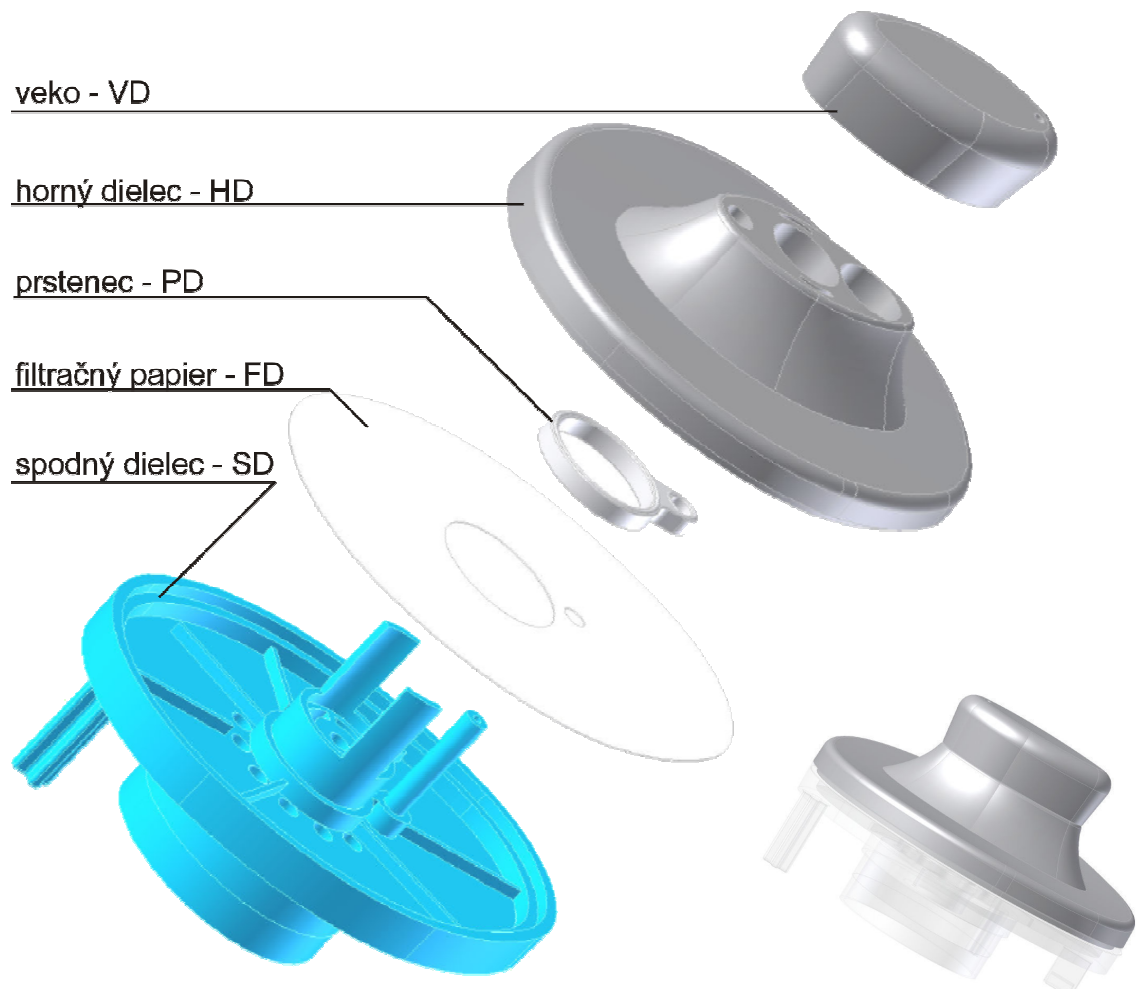
- výrobné zariadenie,
- navrhnuť a zostrojiť prípravok,
- časovo-ekonomické zhodnotenie prínosu daného zariadenia.

## 10 ANALÝZA PÔVODNÉHO STAVU TECHNOLOGIE LEPENIA

Technológia lepenia komponentu pred optimalizáciou technológie bola realizovaná ručne jedným pracovníkom postupne na jednotlivé diely zostavy. Lepidlo je nanášané priamo na diely bez predchádzajúcej úpravy povrchu. Na aplikáciu lepidla bol používaný injekčný dávkovací systém.

### 10.1 Popis lepenej zostavy

Zostava je zložená z 5 dielov, vrátane filtračného papiera (obr. 21). Všetky dielce sú medzi sebou spojené lepením a medzi sebou musia dokonale tesniť.



Obrázok 21. Dielce lepenej zostavy

### 10.1.1 Materiály dielcov lepenej zostavy

Materiály jednotlivých dielcov zostavy sú uvedené v tabuľke 5.

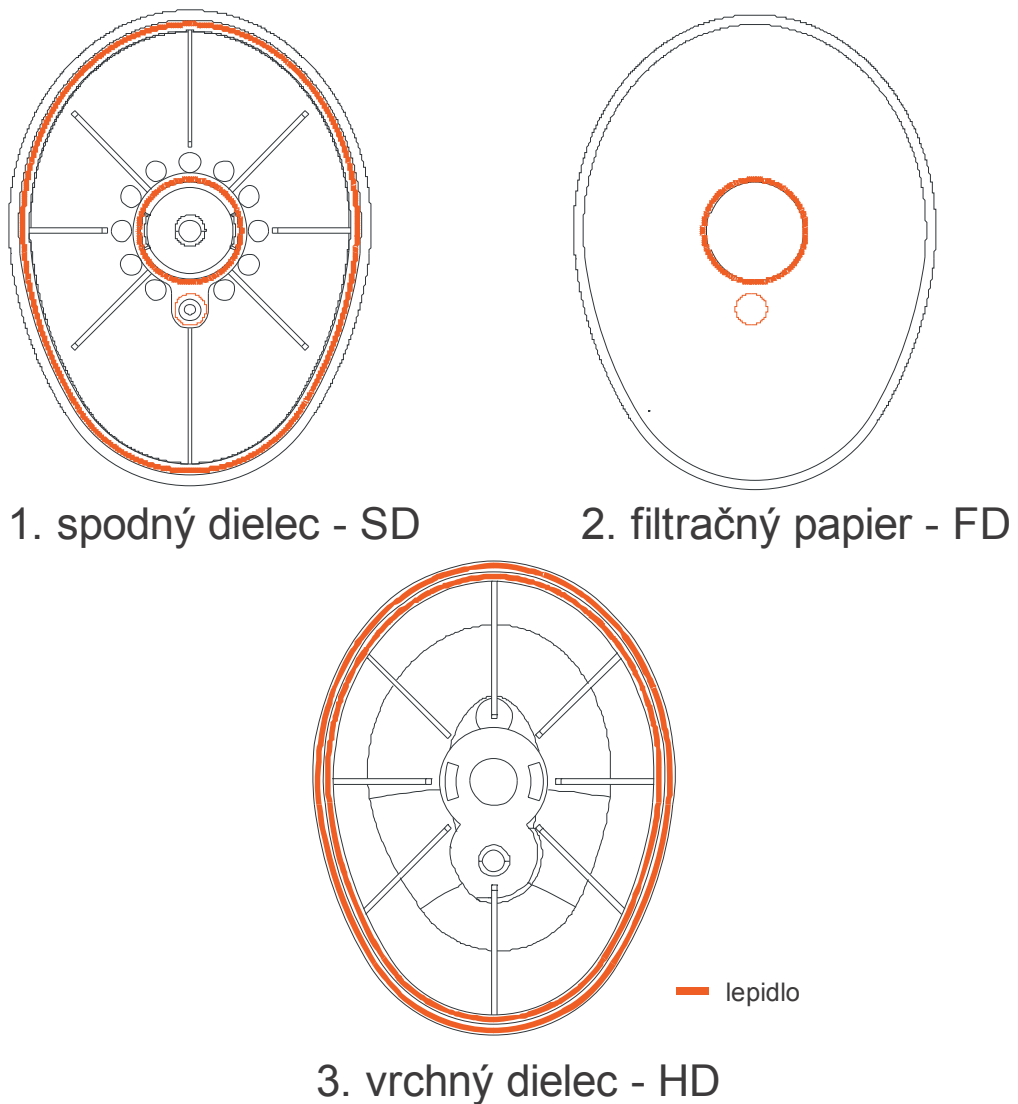
Tabuľka 5. Materiály dielcov komponentu

označenie dielca	dielce	materiál	skratka
SD	spodný	polykarbonát	PC
FD	filtračný papier	filtračný papier	PAP
PD	prstenec	polyetylén	PE
HD	horný	polyvinylchlorid	PVC
VD	veko	polyvinylchlorid	PVC

### 10.2 Proces montáže

Montáž zostavy sa vykonáva v špeciálnych podmienkach pracovného priestoru s predpísanou triedou čistoty. Jednotlivé dielce sú skladované pred lepením v osobitných prepravkách. Lepidlo sa nanáša na styčnú plochu jedného zo spájaných dielcov (Obr. 22). Lepené dielce sa ručne spoja. Celý proces montáže je rozdelený do nasledujúcich operácií:

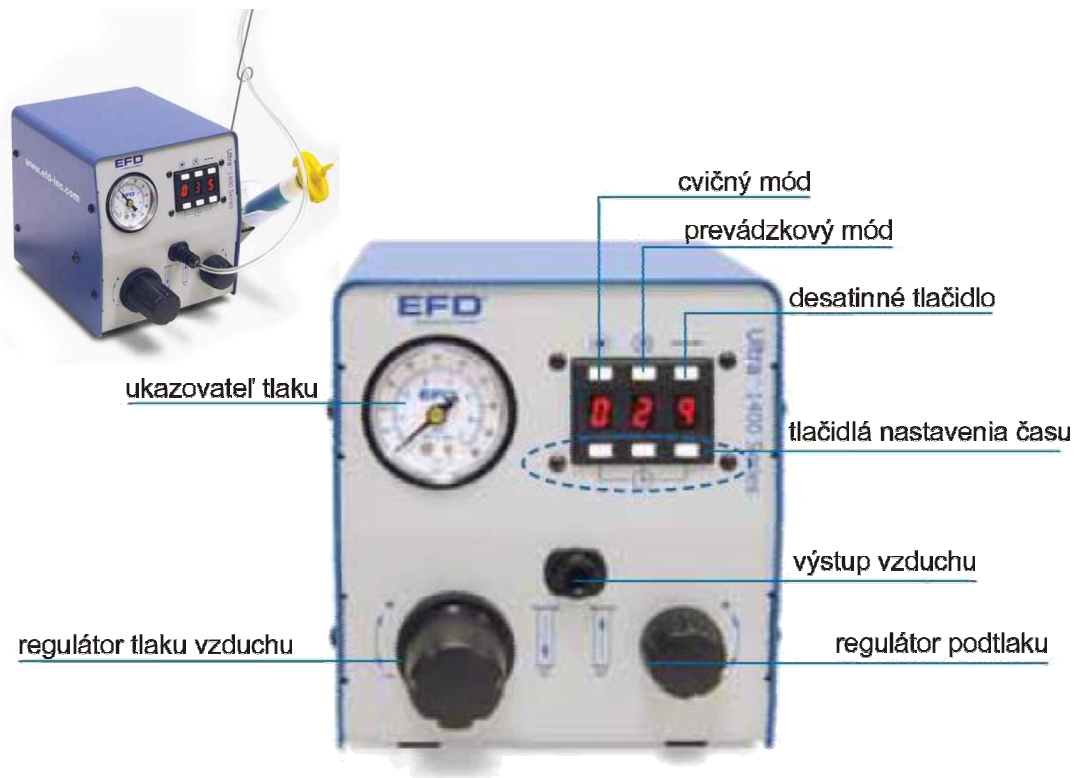
1. naniesenie lepidla po obvode a v strede spodného PS dielca,
2. prilepenie filtračného papiera, naniesenie lepidla na filtračný papier a prilepenie poistného prstenca,
3. naniesenie lepidla po obvode vrchného PVC dielca,
4. spojenie spodného a vrchného dielca, prilepenie veka.



Obrázok 22. Miesta nanosenia lepidla na dielce v operáciách 1, 2 a 3

### 10.3 Injekčný dávkovací systém EFD Ultra 1400

Injekčný dávkovací systém EFD Ultra 1400 Series je vzduchom poháňaný stolný dávkovač s využitím kontrolovaného tlaku vzduchu a časovým spínačom na reguláciu nanášaného materiálu na každý diel (obr. 23). Parametre udávané výrobcom sú uvedené v tabuľke 6.



Obrázok 23. Dávkovací systém EFD Ultra 1400 Series [12]

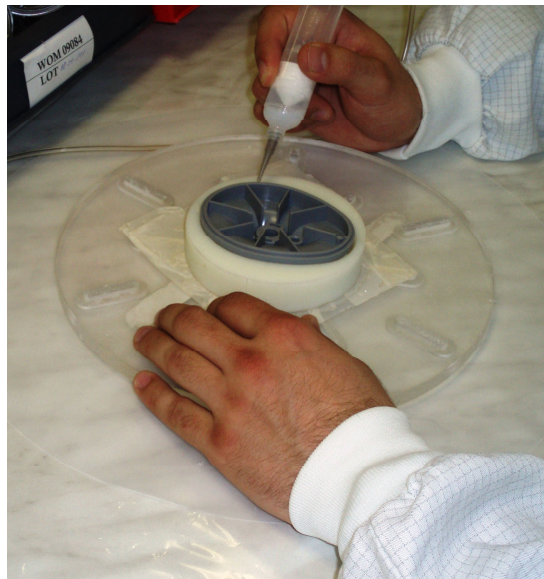
Tabuľka 6. Parametre EFD Ultra 1400

parameter	ultra 1400 Series
Výstupný tlak vzduchu	max 0,69 MPa
Spínač cyklu	pedál, tlačidlo, alebo 5 - 24 VDC signál
Dávkovací čas	programovateľný 0,001 - 99,9 s

Množstvo vytlačovaného lepidla bolo regulované pomocou:

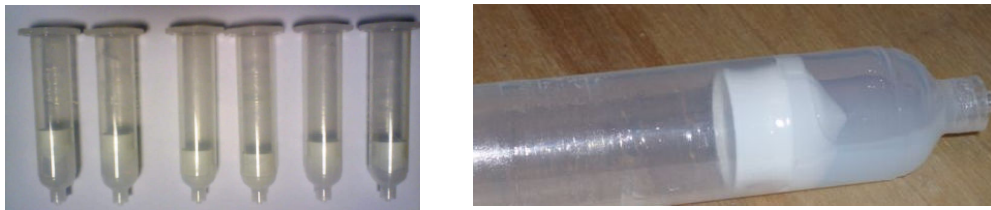
- elektrického pedálu,
- regulácie tlaku,
- priemeru dávkovacieho hrotu.

Pri nanášaní je lepidlo vytlačané pod tlakom 0,38 MPa kúžlovým hrotom s priemerom 0,84 mm. Ručná aplikácia (obr. 24) je vo veľkej miere závislá na zručnosti a praxi operátora. Pri aplikácii môžu vzniknúť oblasti s nerovnomernou vrstvou. Nanesením veľkého množstva lepidla je potrebné pri spojovaní dielcov utrieť prebytočný objem z okrajov lepených komponentov. V prípade nedostatočného dávkovania je potrebné opätovné nanosenie lepidla na daný úsek a zabrániť vytvoreniu nedokonalého spoja. Takto sa predlžujú výrobné časy a zvyšuje sa spotreba lepidla.



*Obrázok 24. Ručné nanášanie lepidla*

Plnenie zariadenia sa prevádza ručne do jednorázového zásobníka z tuby. Pri nesprávnom plnení môže dôjsť k vzniku bublín v lepidle, ktoré zapríčiňujú prerušenie plynulej vytlačovanej vrstvy. Pri chybnom vkladaní piestu sa vytvorí v zásobníku vzduchová bublina zabraňujúca úplnému vytlačeniu lepidla. Vzduchová bublina sa vytvára aj počas dávkovania. Piest dávkovača, vzhľadom na hustotu lepidla, nezotiera lepidlo zo stien úplne. Vzniknuté netesnosti umožňujú prenikaniu vzduchu do priestoru s lepidlom (Obr. 25). Odvážením desiatich nových a desiatich použitých zásobníkov bolo vypočítané priemerné nevyužitú množstvo lepidla na 3,85g v jednom zásobníku. Plnenie je v tomto prípade pracné a spôsobuje prerušenie výroby.



Obrázok 25. Použité zásobníky lepidla pri ručnom dávkovaní

Zostavy vyrobené ručnou technológiou nanášania lepidla sa vyznačujú nízkou opakovateľnosťou.

### 10.3.1 Použité lepidlá

Na lepenie všetkých častí bolo použité transparentné silikónové lepidlo Elastosil E41 (Obr. 26). Základné charakteristiky lepidla udávané výrobcom sú uvedené v tabuľke 7.



Obrázok 26. Lepidlo Elastosil E43 - tuba

Tabuľka 7. Vlastnosti lepidla Elastosil E41

forma lepidla	pasta
farba	transparentný
viskozita [mPa.s]	200 000-500 000
relatívna hustota [g.cm <sup>3</sup> ]	1,1
viskozita [mPa.s]	200 000-500 000
zápach	penikavý



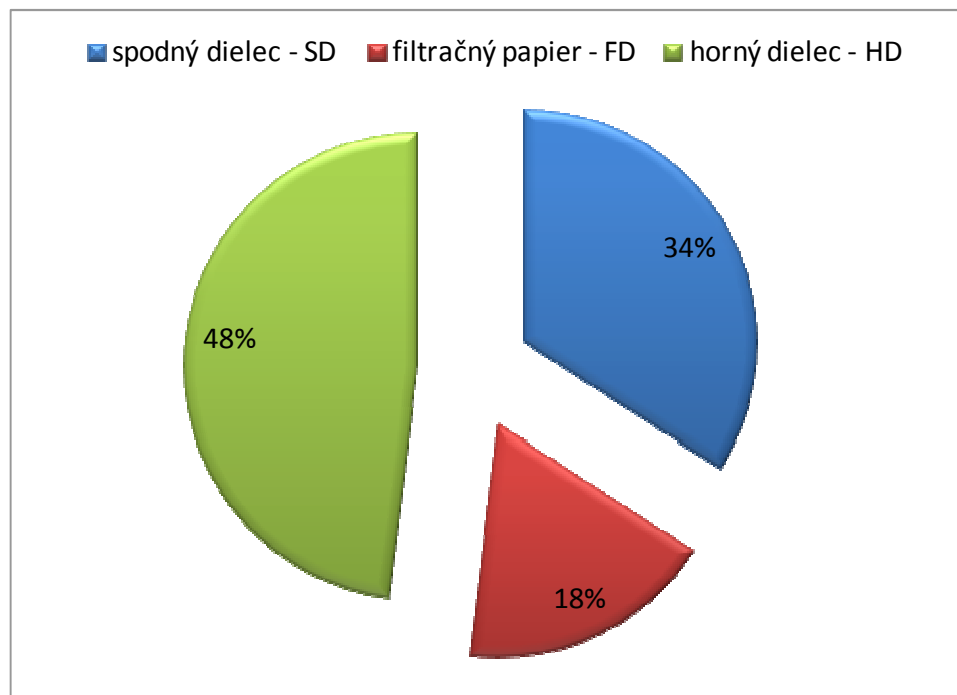
### 10.3.2 Časovo-ekonomické zhodnotenie technológie lepenia

Pre vyhodnotenie technológie lepenia boli sledované časy nanášania lepidla na jednotlivé dielce a spotreba lepidla na jeden vyrobený komponent. Pre štatistické vyhodnotenie bolo meranie prevedené s tromi zacvičenými operátormi, z ktorých každý aplikoval lepidlo na 10 vzoriek z každého dielca. Z nameraných časov aplikácie lepidla bola vypočítaná priemerná doba nanášania (Tab. 8). Namerané časy sú graficky znázornené na obrázku 27.

Použitú dielce boli odvážené na laboratórnych váhach pred nanášaním a bola vypočítaná priemerná hmotnosť. Po nanosení lepidla boli dielce opäť odvážené a vypočítaná priemerná hmotnosť naneseného lepidla (Tab. 9). Vypočítané hodnoty sú graficky spracované na obrázku 28.

Tabuľka 8. Časy nanášania lepidla ručným dávkovačom

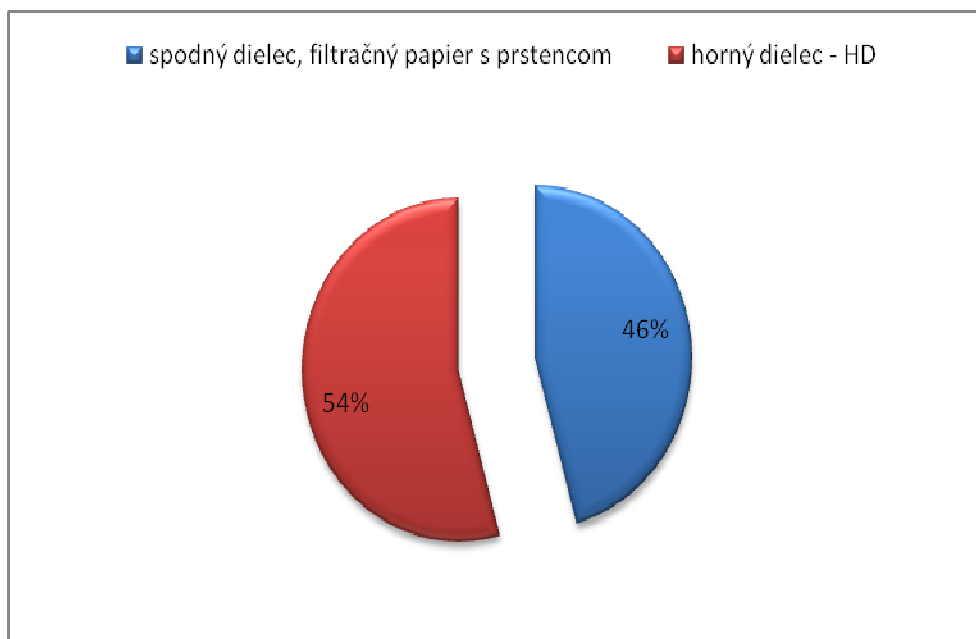
časy potrebné na nanášanie lepidla ručným dávkovačom [s]										
nanášanie na		spodný dielec - SD			filtračný papier - FD			horný dielec - HD		
operátor		1	2	3	1	2	3	1	2	3
meranie	1	19,4	19,5	21,2	8,6	9,5	11,3	24,8	27,3	28,3
	2	20,1	19,2	20,6	10,1	8,8	10,8	27,6	26,7	28,5
	3	19,3	17,8	19,5	9,3	9,5	12,6	28,3	28,1	29,7
	4	20,6	18,4	20,5	8,8	9,2	12,2	26,2	27,8	28,8
	5	18,7	18,7	19,7	8,5	8,9	11,6	29,3	28,3	27,6
	6	20,2	20,8	19,4	9	10,3	10,9	26,6	27,3	28,1
	7	19,2	18,1	22,5	9,5	8,7	13,2	25,3	27,9	27,6
	8	19,6	17,6	21,5	10,2	9,3	11,5	26,1	27,7	27,8
	9	20,1	18,4	19,6	8,6	10,8	11,8	27,4	28,1	28,9
	10	19,8	17,9	19,4	9,7	10,5	13,4	26,7	27,2	28,6
priemerný čas nanášania		19,7	18,64	20,39	9,23	9,55	11,93	26,83	27,64	28,39
nanášacie zariadenie		ručný dávkovač								
priemerný čas nanášania		19,6			10,2			27,6		
celkový čas nanášania		57,43								



Obrázok 27. Priemerné časy nanášania lepidla na dielce komponentu ručne

Tabuľka 9. Aplikované množstvo lepidla ručným dávkovačom

hmotnosť použitého lepidla pri nanášaní ručným dávkovačom [g]							
nanášanie na	spodný dielec, filtračný papier s prstencom			horný dielec - HD			
hmotnosť dielca bez lepidla	28,5			22,2			
operátor	1	2	3	1	2	3	
meranie	1	30,7	30,2	30,9	23,9	24,3	24,8
	2	30,6	30,8	30,6	24,6	24,8	25,2
	3	30,4	30,3	30,7	24,3	23,6	25,3
	4	30,7	29,9	30,5	24,7	24,4	24,7
	5	29,8	30,1	30,9	24,4	24,6	24,7
	6	30,4	30,6	30,6	24,8	24,5	25,2
	7	30,8	30,7	31	24,5	25,1	24,8
	8	30,6	30,2	30,9	23,7	24,8	25,1
	9	30,4	30,5	30,6	24,2	24,7	24,8
	10	30,2	30,4	30,4	24,4	24,4	24,4
priemerná hmotnosť lepidla	1,96	1,87	2,21	2,15	2,32	2,7	
nanášacie zariadenie	ručný dávkovač						
priemerná hmotnosť lepidla	2,01			2,4			
hmotnosť naneseného lepidla	4,40						



Obrázok 28. Priemerná spotreba lepidla na dielce pri ručnom nanášaní

## 11 MOŽNOSTI A NÁVRHY PRE OPTIMALIZÁCIU

Úlohou optimalizácie technológie lepenia je zvýšenie výrobnéj kapacity filtračných komponentov pri zachovaní, alebo zvýšení kvality a znížení výrobných nákladov na komponent.

Uvedené ciele je možné dosiahnuť nasledujúcimi spôsobmi:

1. zvýšenie počtu personálu pri nanášaní lepidla pôvodnou technológiou,
2. použitie nového typu lepidla a skrátenie času nanášania,
3. využitie dávkovacieho robota.

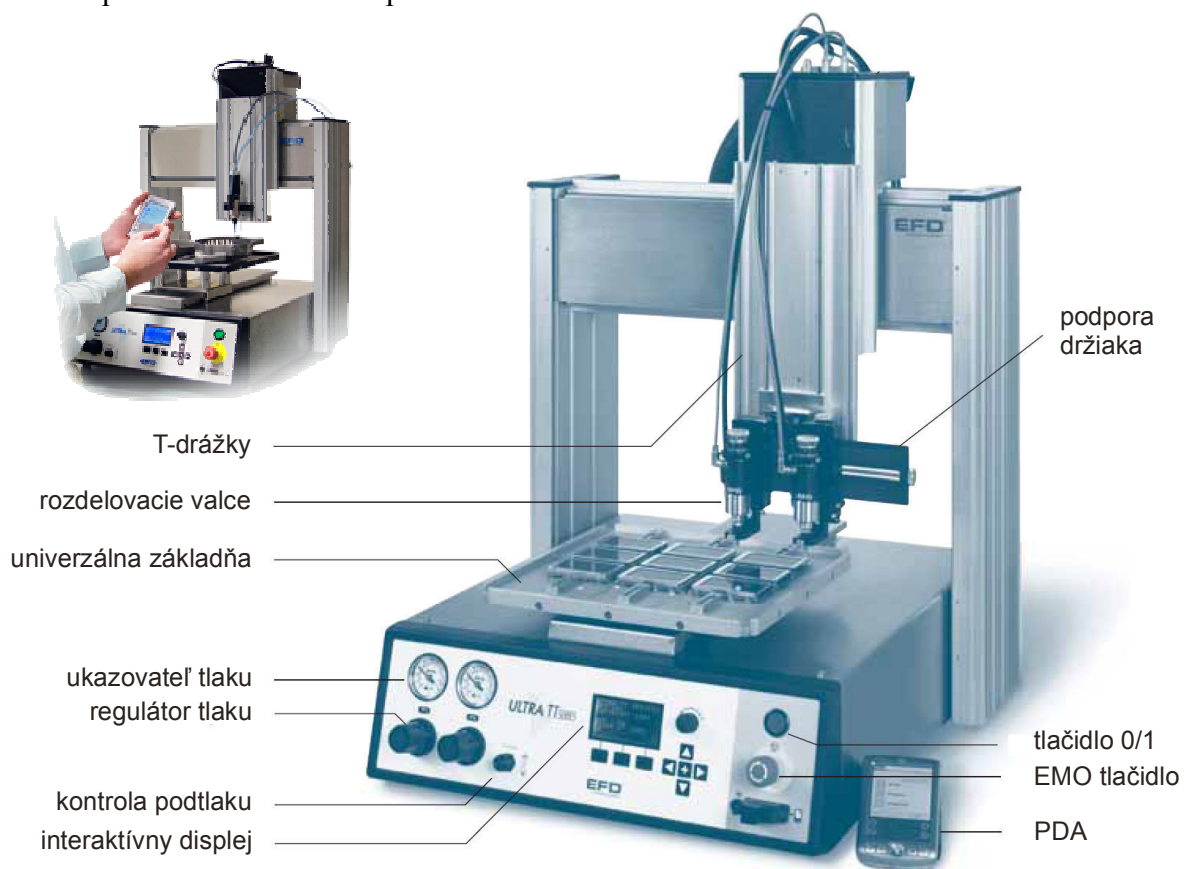
## 12 OPTIMALIZOVANÁ TECHNOLOGIA LEPENIA

Z možných návrhov optimalizácie technológie lepenia bola vybraná možnosť s využitím dávkovacieho robota EFD – ultra 325TT.

Oproti možnosti rozšírenia výroby s využitím ručných injekčných systémov sa zavedením automatizácie prostredníctvom opakovaných procesov nanášania lepidla sleduje úsporný spôsob zvýšenia kapacity s minimálnou požiadavkou na pracovný priestor. Od dávkovacieho robota sa očakáva skrátenie času nanášania lepidla na dielec a rovnomernosť nanášanej vrstvy lepidla po celom obvode. Následne je predpokladaná vysoká opakovateľnosť a kvalita lepenia dielcov spolu so znížením spotreby nanášaného lepidla.

### 12.1 Dávkovací robot EFD - Ultra 325TT

Pre optimalizáciu technológie lepenia bol zvolený dávkovací robot EFD UltraTT (Obr. 29). Automatizovaná stolná jednotka pracuje v opakovaných cykloch dávkovania. Pohyb a presné umiestnenie zaisťuje servoriadenie s uzavretým obvodom. Programovanie je možné pomocou vreckového počítača - PDA .



Obrázok 29. Dávkovací robot EFD – ultra 325TT [12]

### 12.1.1 Parametre dávkovacieho robota EFD – Ultra 325TT

Základné charakteristiky dávkovacieho robota udávané výrobcom sú uvedené v tabuľke 10.

Tabuľka 10. Parametre robota Ultra 325TT

parameter	ultra 325TT
pracovná plocha	325x325x100
presnosť [ $\mu\text{m}$ ]	10
opakovateľnosť [ $\mu\text{m}$ ]	25
max. posuv [mm/s]	500
rozmery [mm]	560x670x750
hmotnosť [kg]	45
hmotnosť nástroja [kg]	5
hmotnosť obrobku [kg]	10
interface programovania	tlačidlá ovládacieho panelu, PDA
výškový senzor	áno
vzory	čiar, kružnice, oblúky, plynulé krivky, body

## 12.2 Upínací prípravok plastových dielcov

Úlohou praktickej časti je navrhnutie a výroba upínacieho prípravku na horný plastový dielec. Aplikácia lepidla na horný plastový dielec ručným dávkovačom je časovo najnáročnejšia a pre operátorov najzložitejšia. Nanášajú sa dve húsenice lepidla na dve plochy výstreku. Problémová je vrchná úzka plocha bez možnosti opretia a jednoduchého vedenia hrotu po dieleci.

Konštrukcia prípravku musí zabezpečiť rovinnosť plochy, na ktorú je nanášané lepidlo. Tým je zabezpečená rovnaká vzdialenosť medzi dávkovacím hrotom a dielcom po celej plochou nanášania lepidla.

Požiadavkou je aj nanosenie lepidla na čo najväčší počet kusov v jednom pracovnom cykle pri čo najväčšom posuve hrotu.

### 12.2.1 Návrh a výroba prípravku

Pre splnenie podmienky vyplývajúcej z maximálneho využitia stroja bolo navrhnuté rozloženie dielcov v matici 4x3. Takto pri jednom pracovnom cykle je nanosené lepidlo postupne na 12 dielcov. Rovina nanášania každého dielca je nastavená dvojicou kolíkov.

Potrebná výška kolíkov je nastavená jednotlivou pomocou závitů a zaistená poistnou maticou na spodnej strane upínacej dosky. Strojné nanášanie lepidla za pomoci prípravku je na obrázku 30, materiály prípravku sú uvedené v tabuľke 11. Výkresová dokumentácia je priložená v prílohe práce.



Obrázok 30. Nanášanie lepidla robotom Ultra TT na dielce uložených na prípravku

Tabuľka 11. Materiál dielcov prípravku

dielec	materiál
upínacia doska	Al
kolík 1	Al
kolík 2	Al

### 12.2.2 Materiály dielcov lepenej zostavy

V priebehu optimalizácie technológie lepenia došlo k výmene materiálu spodného dielca z polykarbonátu PC za polystyrén PS. Materiály dielcov sú uvedené v tabuľke 12.

Tabuľka 12. Materiály dielcov komponentu

označenie dielca	dielec	materiál	skratka
SD	spodný	polystyrén	PS
FP	filtračný papier	papier	PAP
PD	prstenec	polyetylén	PE
HD	horný	polyvinylchlorid	PVC
UD	uzáver	polyvinylchlorid	PVC

### 12.3 Naprogramovanie a nastavenie EFD – Ultra 325TT

Programovanie robota Ultra 325TT sa vykonáva pomocou PDA zariadenia (obr. 31). Prvým krokom programovania je nastavenie výšky pracovnej roviny a zadanie východzieho bodu. Dráha pohybu dávkovacieho hrotu sa pomocou dotyku rozdelí do jednotlivých kriviek. Pre opakované tvary stačí zadať trajektóriu len raz. Po zadaní nasledujúceho začiatočného bodu nanášania pomocou dotyku sa kopíruje už naprogramovaná dráha pohybu.

Pre správne nanesenie je potrebné zadať počiatočný a koncový bod spustenia dávkovania. V štartovacom bode je potrebné oneskorenie posuvu po dobu kontaktu a priľnutiu lepidla na nanášanú plochu. Pred dojazdom do koncového bodu trajektórie je potrebné vypnutie dávkovania lepidla aby nedošlo k prebytočnému naneseniu lepidla a jeho stiahnutiu pri rýchloposuve na nasledujúcu pozíciu.



Obrázok 31. Zariadenie PDA na programovanie robota Ultra 325TT



Pre správne nanosenie musí lepidlo k povrchu nanášanej plochy priľnúť. Kombináciou vzdialenosti hrotu od plochy a rýchlosťou vytlačania lepidla je potrebné dosiahnuť čo najvyšší posuv bez strhávania lepidla v zakriveniach plochy za dávkovacím hrotom. Na základe skúšok boli zvolené optimálne dávkovacie parametre pre robot Ultra TT (Tab 13.)

Tabuľka 13. Parametre dávkovania robotom Ultra TT

parameter	ultra 325TT
priemer kúželového hrotu [mm]	1,55
posuv [mm/s]	45
tlak vzduchu na piest kartuše [MPa]	0,65
vzdialenosť od plochy nanášania [mm]	1,25

## 12.4 Použité lepidlá

Dávkovací robot nanáša už používané silikónové lepidlo Elastosil E41 z kartuše s objemom 310 ml (Obr.32).



Obrázok 32. Lepidlo Elastosil E41 - kartuš

Ako alternatívne lepidlo bolo navrhnuté silikónové lepidlo Dow Corning 734 a 314. Základné charakteristiky lepidiel udávané výrobcami sú uvedené v tabuľke 14.

Tabuľka 14. Porovnanie vlastností lepidiel

Vlastnosť	Lepidlo		
	Elastosil E41	Dow Corning 734	Dow Corning 3140
forma	pasta	tekutý	tekutý
farba	transparentný	transparentný	transparentný
viskozita [mPa.s]	200 000-500 000	45 000	30 000
relatívna hustota [g.cm <sup>3</sup> ]	1,1	1,03	1,03

Hlavným dôvodom náhrady lepidla je zníženie času nanášania. Navrhované lepidlá s nižšou viskozitou umožňujú vyššie rýchlosti posuvu pri nanášaní. Rovnako majú vyššiu zmáčavosť lepeného povrchu a umožňujú nanášanie menšieho množstva lepidla.

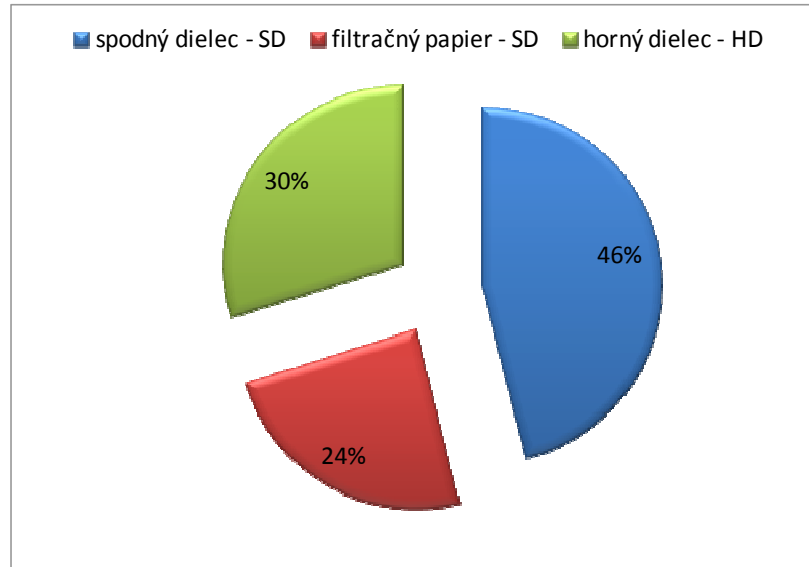
Z dôvodu uprednostnenia používaného lepidla odberateľom komponentov a kontinuálnosti montáže sa zmena lepidla neuskutočnila.

#### 12.4.1 Časovo-ekonomické zhodnotenie technológie lepenia

Pre porovnanie a vyhodnotenie zavádzanej technológie lepenia boli namerané a spracované rovnaké parametre ako pri predchádzajúcej technológii. Časy nanášania lepidla na spodný dielec a filtračný papier boli prevzaté z pôvodnej technológie, čas nanášania robotom bol odčítaný z používaného programu (Tab. 15). Časová náročnosť na nanosenie lepidla na dielce pri montáži je znázornená na obrázku 33. Dielce s naneseným lepidlom boli zvážené na laboratórnych váhach, rovnako ako pri pôvodnom dávkovaní, a rozdielom bola vypočítaná spotreba lepidla (Tab. 16). Pomer množstva naneseného lepidla na dielce je zobrazený na obrázku 34.

Tabuľka 15. Časy nanášania lepidla s využitím Ultra TT

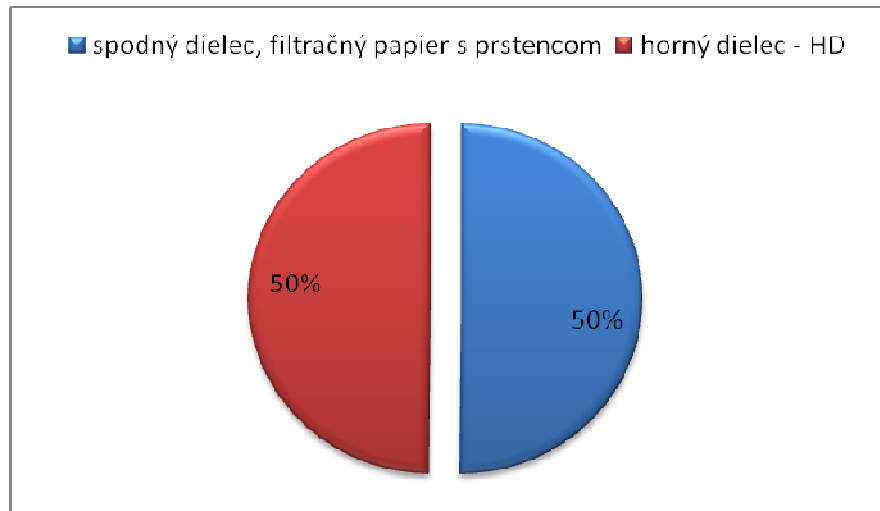
časy potrebné na nanášanie lepidla ručným dávkovačom [s]								
nanášanie na	spodný dielec - SD			filtračný papier - FD			horný dielec - HD	
operátor	1	2	3	1	2	3	EFD Ultra TT	
meranie	1	19,4	19,5	21,2	8,6	9,5	11,3	12,7
	2	20,1	19,2	20,6	10,1	8,8	10,8	
	3	19,3	17,8	19,5	9,3	9,5	12,6	
	4	20,6	18,4	20,5	8,8	9,2	12,2	
	5	18,7	18,7	19,7	8,5	8,9	11,6	
	6	20,2	20,8	19,4	9	10,3	10,9	
	7	19,2	18,1	22,5	9,5	8,7	13,2	
	8	19,6	17,6	21,5	10,2	9,3	11,5	
	9	20,1	18,4	19,6	8,6	10,8	11,8	
	10	19,8	17,9	19,4	9,7	10,5	13,4	
priemerný čas nanášania	19,7	18,64	20,39	9,23	9,55	11,93	12,7	
nanášacie zariadenie	ručný dávkovač						robot Ultra TT	
priemerný čas nanášania	19,6			10,2			12,7	
celkový čas nanášania	42,51							



Obrázok 33. Časy nanášania lepidla na dielce s využitím Ultra TT na horný dielec

Tabuľka 16. Spotreba nanášaného lepidla s využitím Ultra TT na horný dielec

hmotnosť použitého lepidla pri nanášaní ručným dávkovačom [g]				
nanášanie na	spodný dielec, filtračný papier s prstencom			horný dielec - HD
hmotnosť bez lepidla	28,5			22,2
operátor	1	2	3	EFD Ultra TT
meranie	1	30,7	30,2	30,9
	2	30,6	30,8	30,6
	3	30,4	30,3	30,7
	4	30,7	29,9	30,5
	5	29,8	30,1	30,9
	6	30,4	30,6	30,6
	7	30,8	30,7	31
	8	30,6	30,2	30,9
	9	30,4	30,5	30,6
	10	30,2	30,4	30,4
priemerná hmotnosť lepidla	1,96	1,87	2,21	2
nanášacie zariadenie	ručný dávkovač			robot Ultra TT
priemerná hmotnosť lepidla	2,01			2,0
hmotnosť naneseného lepidla	4,01			



Obrázok 34. Priemerná spotreba lepidla na diele s využitím Ultra TT na horný dielec

### 13 VYHODNOTENIE ZAVEDENEJ TECHNOLOGIE LEPENIA

Pri názornom zobrazení porovnania časov nanášania lepidla na vrchný dielec zostavy (Obr. 35) pôvodnou (Tab. 8) a zavedenou (Tab. 15) technológiou je vidieť výrazné skrátenie časov nanášania lepidla. Vyhodnotenie spotreby nanášaného lepidla na horný dielec pri oboch technológiách z vypočítaných hodnôt (Tab. 9 a 16) je graficky spracované na obrázku 36. V tabuľke 17 sú porovnané obe technológie nanášania.

*Tabuľka 17. Porovnanie pôvodnej a novej zavedenej technológie lepenia horného dielca zostavy*

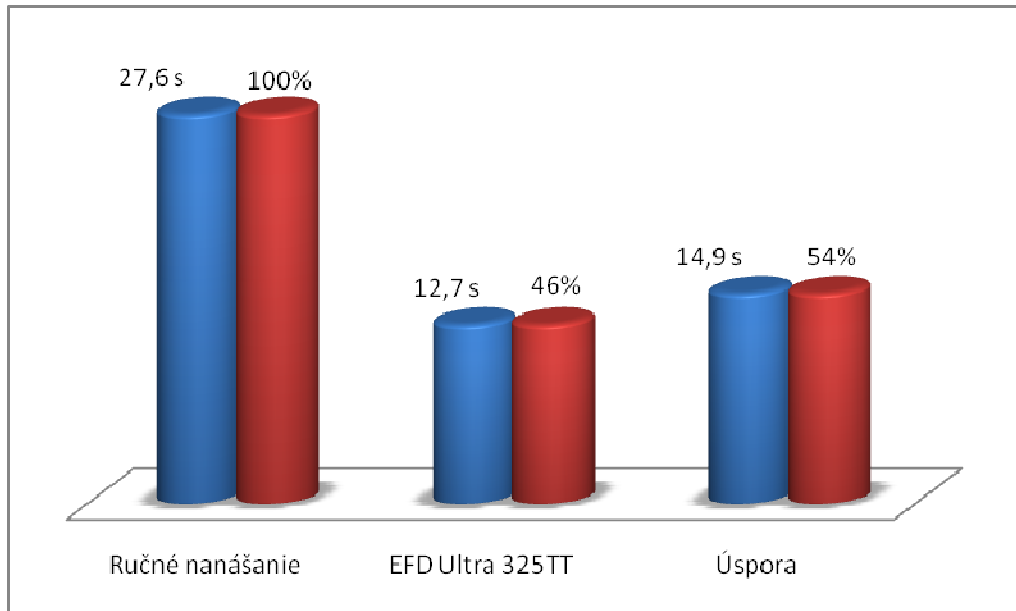
	Ručné nanášanie	robot Ultra TT	Úspora
čas nanášania [s]	27,62	12,7	14,92
spotreba lepidla [g]	2,39	2,00	0,39

Čas potrebný na nanesenie lepidla na jeden horný dielec zostavy pomocou dávkovacieho robota EFD Ultra 325TT predstavuje 46% pôvodného času potrebného na ručnú aplikáciu lepidla injekčným dávkovacím systémom. Pre firmu to z hospodárskeho hľadiska predstavuje zvýšenie výrobnnej kapacity o 54%. Toto skrátenie doby nanášania lepidla je spôsobené významným rozdielom rýchlosti aplikácie lepidla medzi automatizovaným a ručným spôsobom. Servomotory robota Ultra TT umožňujú plynulé nanášanie lepidla po ploche spoja bez prerušenia ako je tomu pri ručnej aplikácii.

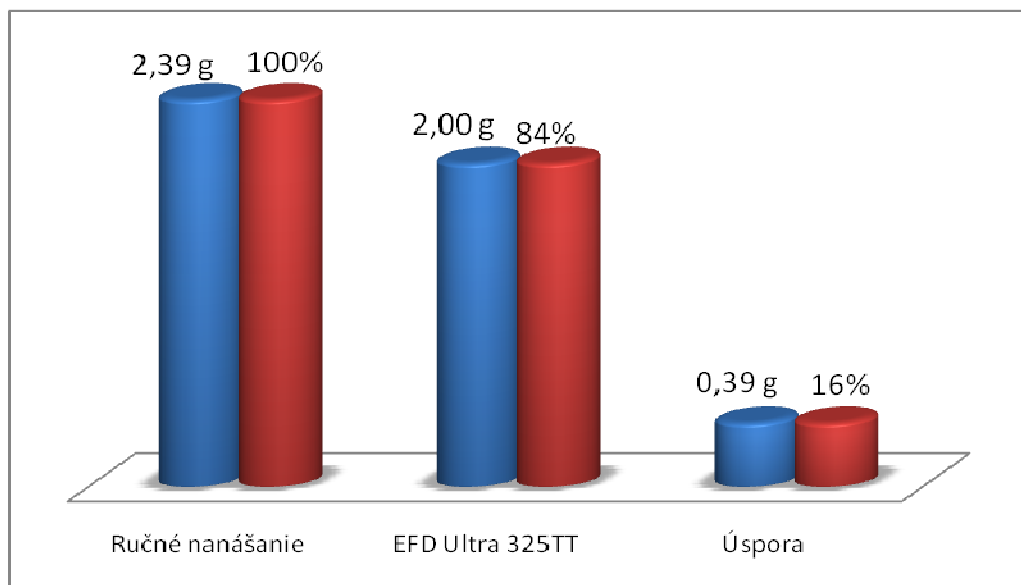
Plynulosť posuvu spolu s konštantne vytláčaným množstvom lepidla zabezpečuje rovnomerné nanesenie po celej ploche budúceho spoja. Nevznikajú tak miesta s nedostatkom, alebo prebytkom lepidla a odpadá čas potrebný na opätovné nanesenie alebo odstránenie vytlačeného lepidla pri spájaní. Následná spotreba lepidla na jeden horný dielec zostavy je nižšia o 16%. Táto úspora predstavuje šesťnásť nanesených kusov navyše na každých sto dielov s použitím rovnakého množstva lepidla. Použitím dávkovania lepidla z kartuší sa zvyšuje úspora aj o zbytkové množstvá lepidla v jednorázových zásobníkoch pri ručnej aplikácii.

Výsledkom automatizácie je aj vysoký stupeň opakovateľnosti a vysokou kvalitou lepeného spoja.

V budúcnosti by bolo výhodné zaviesť automatizované dávkovanie aj na spodný dielec zostavy, čo by výrazne zvýšilo produktivitu oproti pôvodnej ručnej technológii nanášania. Toto opatrenie v súčasnosti nie je možné previesť pre vyťaženie dávkovacieho zariadenia.



Obrázok 35. Porovnanie časov nanášania lepidla ručne a robotom Ultra TT na jeden horný dielec lepenej zostavy



Obrázok 36. Porovnanie spotreby lepidla pri nanášaní ručne a robotom Ultra TT na jeden horný dielec lepenej zostavy

## ZÁVER

Cieľom diplomovej práce bolo nahradenie ručného nanášania lepidla na horný dielec zostavy zavedením novej technológie lepenia s využitím dávkovacieho robota Ultra 325TT.

Bola prevedená analýza pôvodnej technológie lepenia a na základe štatistického súboru dát získaných z tridsiatich meraní času nanášania a spotrebovaného množstva lepidla na jednotlivé dielce zostavy spracované časovo-ekonomické vyhodnotenie technológie.

Na základe analýzy bola zvolená automatizácia nanášania lepidla pomocou robota Ultra TT na horný dielec zostavy. Bol navrhnutý a vyrobený prípravok pre uloženie dvanástich dielcov zostavy do dávkovacieho zariadenia.

Po naprogramovaní a nastavení parametrov nanášania robota bol zistený čas nanášania a opätovne vypočítané množstvo použitého lepidla na jeden dielec. Na základe porovnaní súborov dát novej zavedenej technológie lepenia s pôvodnou technológiou môžeme konštatovať:

- zníženie doby potrebnej na nanosenie lepidla na horný dielec zostavy o 54% , skrátenie doby nanášania lepidla je spôsobené významným rozdielom rýchlosti aplikácie lepidla medzi automatizovaným a ručným spôsobom. Servomotory robota Ultra TT umožňujú plynulé nanášanie lepidla po ploche spoja bez prerušenia ako je tomu pri ručnej aplikácii.
- zvýšenie efektívneho využitia lepidla o 16% je dôsledkom plynulého posuvu spolu s konštantne vytláčaným množstvom. Dosahuje sa rovnomerné nanosenie lepidla po celej ploche budúceho spoja. Nevznikajú tak miesta s nedostatkom, alebo prebytkom lepidla a odpadá čas potrebný na opätovné nanosenie alebo odstránenie vytlačeného lepidla pri spájaní.
- zvýšenú kvalitu lepeného spoja vychádzajúcu z rovnomerného nanosenia lepidla po ploche výstreku,
- nárast produktivity s zefektívnením výrobného procesu montáže zdravotníckeho setu.

Zavedená technológia lepenia sa ukázala ako významná pre zvýšenie produkcie a kvality pri súčasnom znižovaní nákladov na výrobu komponentov. Použitý spôsob automatizácie opakovanými cyklami nanášania by mohol byť v budúcnosti využitý aj pri nanášaní lepidla na spodný dielec a filtračný papier lepenej zostavy.



---

**ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY**

- [1] Martinec, L., Šimkovič, M., Náuka o materiáloch, STU, Bratislava 1997
- [2] Internet - [http://www.sjf.tuke.sk/ktam/stiahnut/nekovove\\_materialy.doc](http://www.sjf.tuke.sk/ktam/stiahnut/nekovove_materialy.doc)
- [3] Mleziva J., Šňupárek J., Polymery – výroba, struktura, vlastnosti a použítí, Sobotáles, Praha, 2000
- [4] Jahnátek, L., Grom, J., Náplava A., Teória a technológia spracovania plastov, Vydavateľstvo STU, Bratislava, 2005, 188 s.
- [5] Sedliačik, J., Procesy lepenia dreva, plastov a kovov, Vydavateľstvo TU, Zvolen, 2005, 220 s.
- [6] Internet - <http://www.tribon.cz/plasty/-lepeni.htm#navrh>
- [7] Internet - [http://www.ksp.vslib.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/12.htm](http://www.ksp.vslib.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/12.htm)
- [8] Zaťko, Štefan, Kvalita lepeného spoja, Vydavateľstvo TU, Zvolen, 2001, 106 s.
- [9] Novák, I., Florián Š., Lepenie niektorých dôležitých polymérov, CHEMagazín, Pardubice, 3/2001
- [10] Internet - <http://www.matnet.sav.sk/index.php?ID=483>
- [11] Internet - <http://www.biospotrebiteľ.sk/clanok/1324-polyvinylchlorid-pvc.htm>
- [12] EFD, Ultra 1400 datasheet, Nordson Corporation, 2006
- [13] EFD, Quick start instalation guide Ultra 325TT, Nordson Corporation, 2003
- [14] EFD, Ultra TT manual, Nordson Corporation, Nordson Corporation , 2007, 79 s.
- [15] Dow Corning, Sprevodca výberom lepidla - Silikónové tesniace hmoty pre priemyselnú montáž a údržbu, Dow Corning, 2007
- [16] Internet - <http://www.wikipedia.com/>

---

**ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK**

$T_g$	Teplota sklovitého prechodu.
$T_m$	Teplota tavenia.
$T_f$	Teplota vzniku viskózneho toku.
$\overline{M}_w$	Molekulová hmotnosť.
PVC	Polyvinilchlorid.
PS	Polystyrén.
$K_v$	Kvalita výrobku.
$V$	Vlastnosti výrobku.
$SHK_{LS}$	Systém hodnotenia kvality lepeného spoja.
$PP_V$	Prevádzkové a pevnostné kritérium.
$EV_V$	Estetické a vzhľadové kritérium.
$EZ_V$	Ekologické a zdravotné kritérium.
$K_{LS}$	Kvalita lepeného spoja.
$F_V$	Faktory pôsobiace na kvalitu v čase výroby lepeného spoja.
$F_P$	Faktory pôsobiace na kvalitu v čase používania lepeného spoja.
$F_L$	Faktory zohľadňujúce vlastnosti lepidla.
$F_{TT}$	Faktory technologicko-technické.
$F_K$	Faktory konštrukcie lepeného spoja.
$K_{LS}$	Kvalita lepeného spoja.
$F_M$	Faktory klimatické.
$F_N$	Faktory mechanického namáhania lepeného spoja.
$F_T$	Faktory času namáhania lepeného spoja.
$F_Z$	Faktory spôsobu namáhania lepeného spoja.

*FK* Faktory konstrukcie lepeného spoja.

**ZOZNAM OBRÁZKOV**

OBRÁZOK 1. ŠTRUKTÚRA ROZDELENIA PLASTOV .....	9
OBRÁZOK 2. NAJČASTEJŠIE POUŽÍVANÉ PRÍSADY PLASTOV.....	10
OBRÁZOK 3. MOLEKULOVÁ ŠTRUKTÚRA POLYMÉROV A - LINEÁRNA, B - ROZVETVENÁ, C – SIEŤOVANÁ, D – PRIESTOROVÁ .....	10
OBRÁZOK 4. NADMOLEKULOVÁ ŠTRUKTÚRA POLYMÉROV 1- KRYŠTALICKÉ OBJEMY, 2 – AMORFNÉ OBJEMY .....	11
OBRÁZOK 5. TERMOMECHANICKÁ KRIVKA POLYMÉROV PRE A) AMORFNÉ OBJEMY, B) KRYŠTALICKÉ OBJEMY .....	13
OBRÁZOK 6. PRÍPRAVA ZÁKLADNÝCH SKUPÍN POLYSTYRÉNOVÝCH PLASTOV.....	15
OBRÁZOK 7. POLYMERIZÁCIA STYRÉNU .....	16
OBRÁZOK 8. POLYMERIZÁCIA PVC [15].....	18
OBRÁZOK 9. REŤAZEC PVC [15].....	18
OBRÁZOK 10. VSTREKOVACÍ STROJ S PÍSTOVOU VSTREKOVACOU JEDNOTKOU.....	26
OBRÁZOK 11. ČASOVÝ PRIEBEH VSTREKOVACIEHO CYKLU .....	26
OBRÁZOK 12. ČASOVÁ ZÁVISLOSŤ TLAKU V DUTINE FORMY PRI VSTREKOVANÍ.....	27
OBRÁZOK 13. NIEKTORÉ MOŽNÉ SPÔSOBY SPÁJANIA [7] .....	28
OBRÁZOK 14. PRINCÍP LEPENÉHO SPOJA [5].....	30
OBRÁZOK 15. PRIEBEH NAPÄTIA V NITOVANOM A LEPENOM SPOJI.....	32
OBRÁZOK 16. PRÍKLADY NANÁŠACÍCH ZARIADENÍ .....	35
OBRÁZOK 17. ZMÁČAVOSŤ LEPIDIEL [7].....	36
OBRÁZOK 18. FAKTORY OVPLYVNŮJÚCE PREVEDENIE LEPENÉHO SPOJA .....	36
OBRÁZOK 19. DRUHY LEPENÝCH SPOJOV [7].....	40
OBRÁZOK 20. SYSTÉM HODNOTENIA KVALITY LEPENÉHO SPOJA [8].....	42
OBRÁZOK 21. DIELCE LEPENEJ ZOSTAVY.....	49
OBRÁZOK 22. MIESTA NANESENIA LEPIDLA NA DIELCE V OPERÁCIÁCH 1, 2 A 3.....	51
OBRÁZOK 23. DÁVKOVACÍ SYSTÉM EFD ULTRA 1400 SERIES [12].....	52
OBRÁZOK 24. RUČNÉ NANÁŠANIE LEPIDLA.....	53
OBRÁZOK 25. POUŽITÉ ZÁSOBNÍKY LEPIDLA PRI RUČNOM DÁVKOVANÍ.....	54
OBRÁZOK 26. LEPIDLO ELASTOSIL E43 - TUBA.....	54
OBRÁZOK 27. PRIEMERNÉ ČASY NANÁŠANIA LEPIDLA NA DIELCE KOMPONENTU RUČNE .....	56
OBRÁZOK 28. PRIEMERNÁ SPOTREBA LEPIDLA NA DIELCE PRI RUČNOM NANÁŠANÍ .....	57
OBRÁZOK 29. DÁVKOVACÍ ROBOT EFD – ULTRA 325TT [12] .....	59
OBRÁZOK 30. NANÁŠANIE LEPIDLA ROBOTOM ULTRA TT NA DIELCE ULOŽENÝCH NA PRÍPRAVKU.....	61
OBRÁZOK 31. ZARIADENIE PDA NA PROGRAMOVANIE ROBOTA ULTRA 325TT .....	62
OBRÁZOK 32. LEPIDLO ELASTOSIL E41 - KARTUŠ.....	63
OBRÁZOK 33. ČASY NANÁŠANIA LEPIDLA NA DIELCE S VYUŽITÍM ULTRA TT NA HORNÝ DIELEC.....	65
OBRÁZOK 34. PRIEMERNÁ SPOTREBA LEPIDLA NA DIELCE S VYUŽITÍM ULTRA TT NA HORNÝ DIELEC .....	66

---

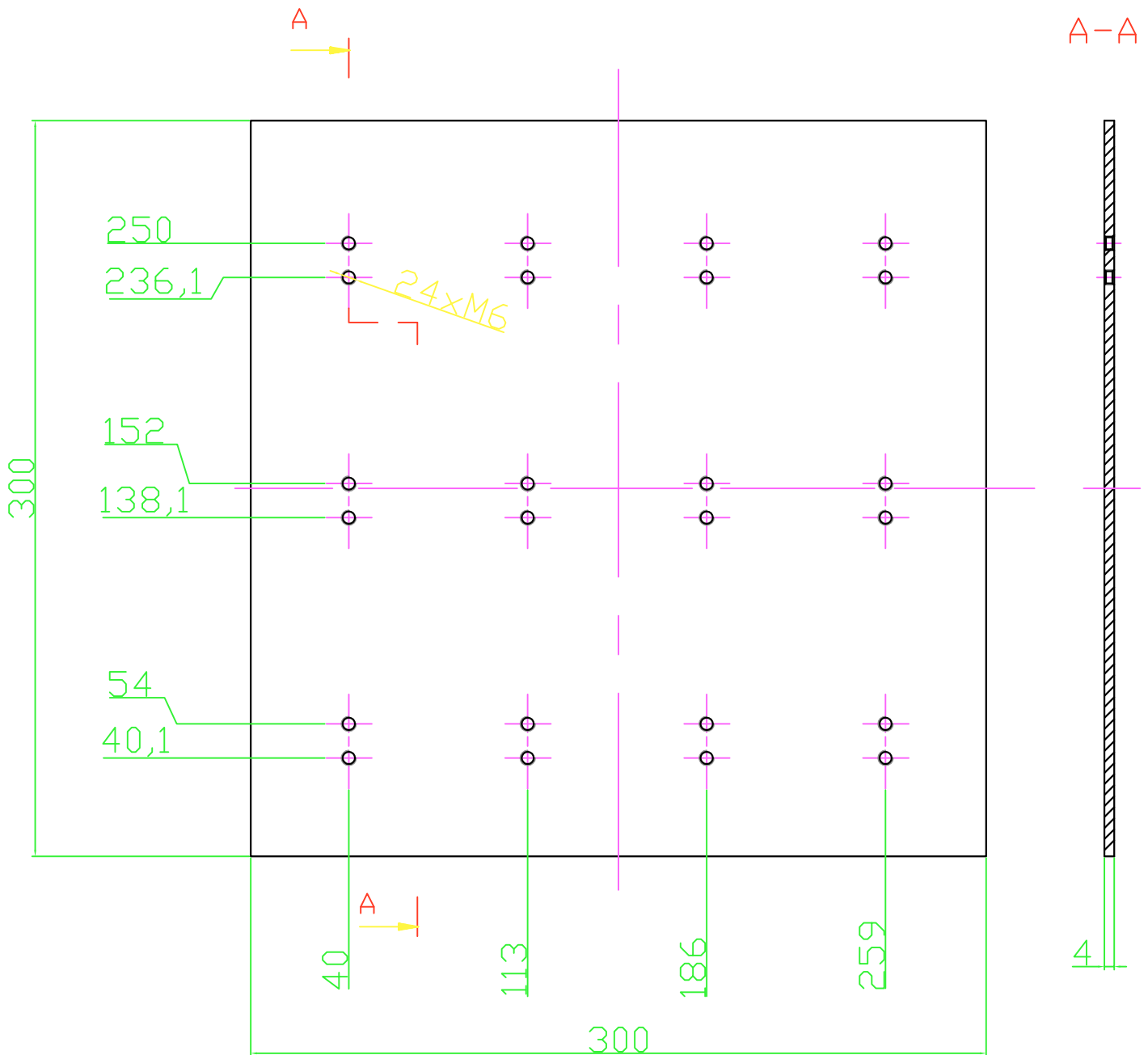
OBRÁZOK 35. POROVNANIE ČASOV NANÁŠANIA LEPIDLA RUČNE A ROBOTOM ÚLTRA TT NA JEDEN HORNÝ DIELEC LEPENEJ ZOSTAVY .....	68
OBRÁZOK 36. POROVNANIE SPOTREBY LEPIDLA PRI NANÁŠANÍ RUČNE A ROBOTOM ÚLTRA TT NA JEDEN HORNÝ DIELEC LEPENEJ ZOSTAVY .....	68

**ZOZNAM TABULIEK**

<i>TABULKA 1. PRECHODOVÉ TEPLoty VYBRANÝCH PLASTOV</i> .....	13
<i>TABULKA 2. PREHLAD TECHNOLÓGIÍ SPRACOVANIA PLASTOV</i> .....	25
<i>TABULKA 3. ROZDELENIE LEPIDIEL PODLA KRITÉRIÍ [5]</i> .....	33
<i>TABULKA 4. ROZPŮŠŤADLÁ VHODNÉ NA VZÁJOMNÉ LEPENIE TERMOPLASTOV</i> .....	39
<i>TABULKA 5. MATERIÁLY DIELCOV KOMPONENTU</i> .....	50
<i>TABULKA 6. PARAMETRE EFD ULTRA 1400</i> .....	52
<i>TABULKA 7. VLASTNOSTI LEPIDLA ELASTOSIL E41</i> .....	54
<i>TABULKA 8. ČASY NANÁŠANIA LEPIDLA RUČNÝM DÁVKOVAČOM</i> .....	55
<i>TABULKA 9. APLIKOVANÉ MNOŽSTVO LEPIDLA RUČNÝM DÁVKOVAČOM</i> .....	56
<i>TABULKA 10. PARAMETRE ROBOTY ULTRA 325TT</i> .....	60
<i>TABULKA 11. MATERIÁL DIELCOV PRÍPRAVKU</i> .....	61
<i>TABULKA 12. MATERIÁLY DIELCOV KOMPONENTU</i> .....	62
<i>TABULKA 13. PARAMETRE DÁVKOVANIA ROBOTOM ULTRA TT</i> .....	63
<i>TABULKA 14. POROVNANIE VLASTNOSTÍ LEPIDIEL</i> .....	63
<i>TABULKA 15. ČASY NANÁŠANIA LEPIDLA S VYUŽITÍM ULTRA TT</i> .....	64
<i>TABULKA 16. SPOTREBA NANÁŠANÉHO LEPIDLA S VYUŽITÍM ULTRA TT NA HORNÝ DIELEC</i> .....	65
<i>TABULKA 17. POROVNANIE PÔVODNEJ A NOVEJ ZAVEDENEJ TECHNOLÓGIE LEPENIA HORNÉHO DIELCU ZOSTAVY</i> .....	67

## ZOZNAM PRÍLOH

- P1 Výkresová dokumentácia - Upínacia doska
- P2 Výkresová dokumentácia - Nastavovací kolík 1
- P3 Výkresová dokumentácia - Nastavovací kolík 2
- P4 CD - DP Majerník

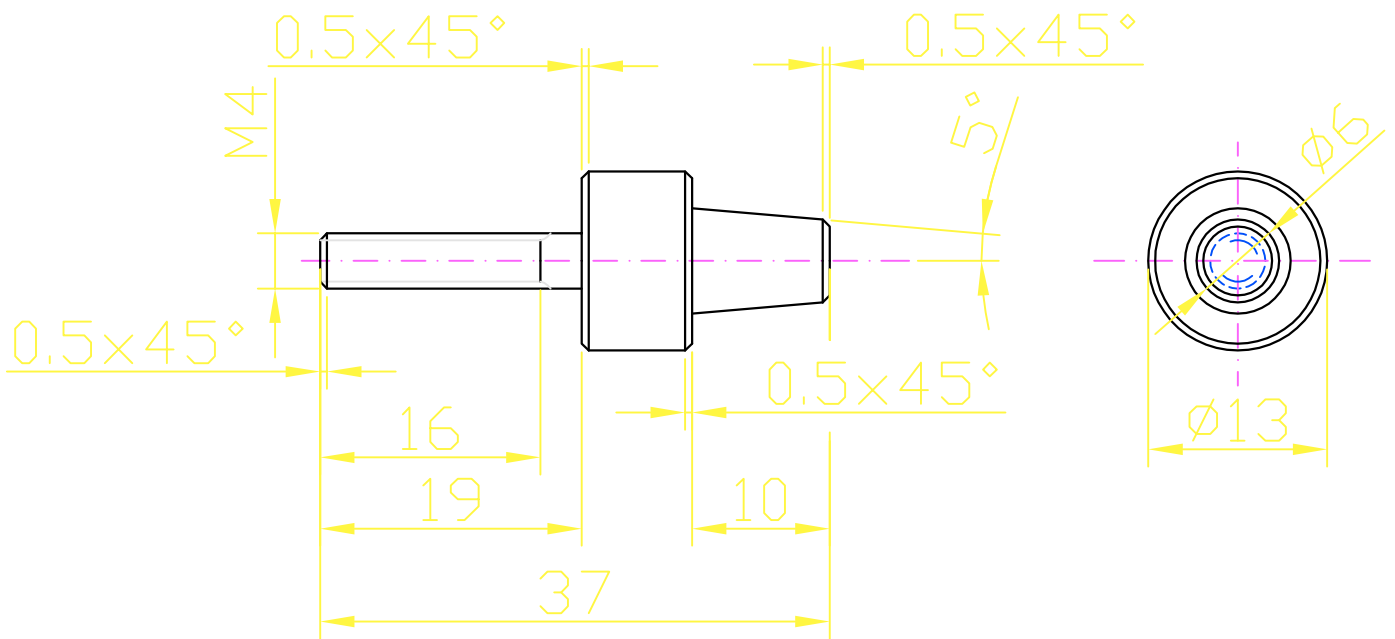


$Ra\ 1,6$

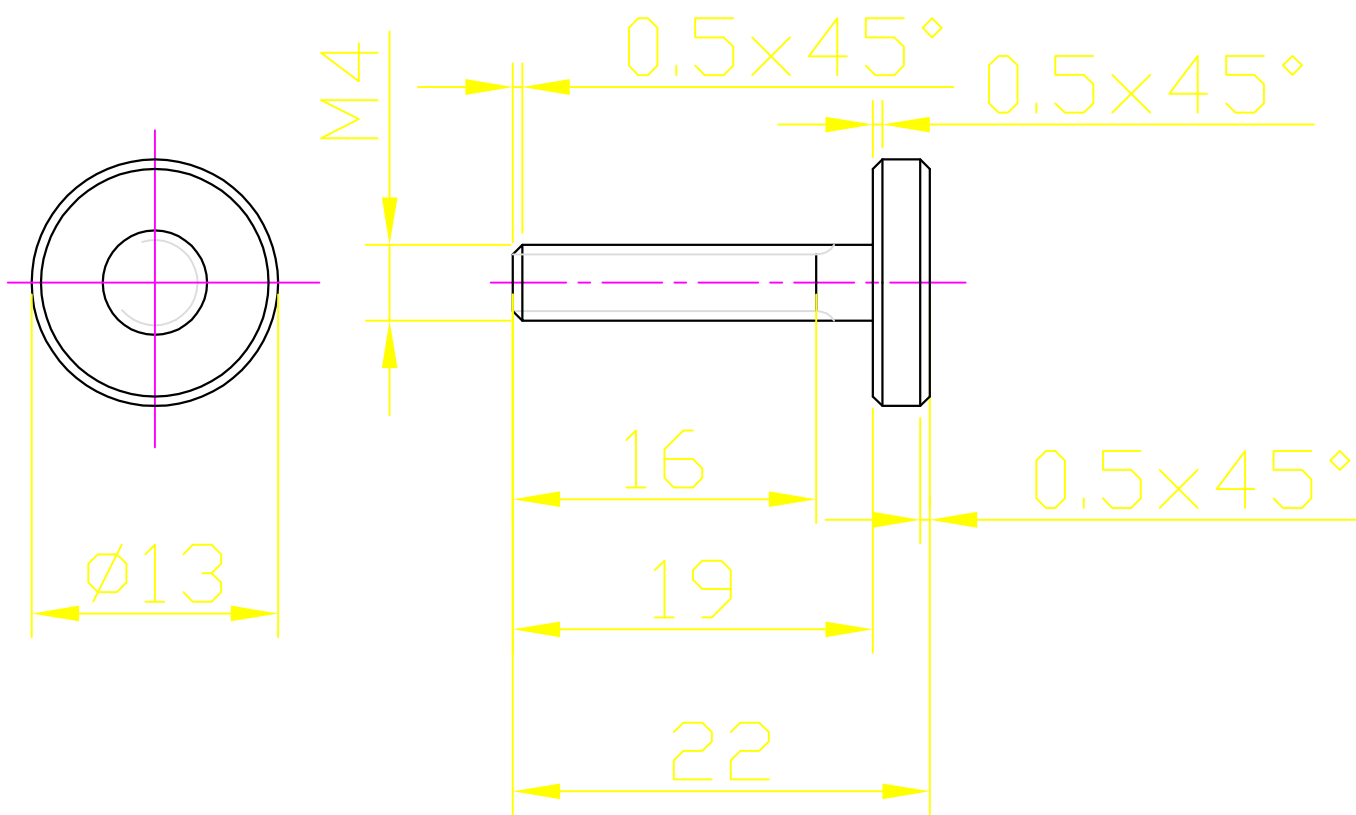
Zraziť všetky ostré hrany

POZICE	NÁZEV - ROZMĚR	VÝKRES - NORMA	MATERIÁL	J.	MN.	kg
INDEX	ZMĚNA	DATUM	PODPIS	Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně		
				Fakulta technologická		
				Ústav výrobního inženýrství		
ZN.MAT. AI EN-2017A			T.O.	HMOTNOST kg		MĚŘ.
ROZM.-POLOT. Plech 4x300x300						
POM. ZAŘ.			ČSN		TŘ.Č.	
KRESLIL MAJERNÍK TOMÁŠ		NORM.REF.	POZN.		Č. KUSOVNIKU	
PŘEZK.						
TECHNOL.		SCHVÁLIL	DAT. 16.4.08	STARÝ V.		Č.V.
NÁZEV			ČÍSLO VÝKRESU			
UPÍNACIA DOSKA			001-04-01			
			Listů			
			List			





POZICE	NÁZEV - ROZMĚR	VÝKRES - NORMA	MATERIÁL	J.	MN.	kg
INDEX	ZMĚNA	DATUM	PODPIS	Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně		
				Fakulta technologická		
				Ústav výrobního inženýrství		
ZN.MAT. AI EN-6082			T.O.	HMOTNOST kg		MĚŘ.
ROZM.-POLOT. Tyč kruhová 15						
POM. ZAŘ.			ČSN		TŘ.Č.	
KRESLIL MAJERNÍK TOMÁŠ		NORM.REF.	POZN.		Č. KUSOVNIKU	
PŘEZK.						
TECHNOL.		SCHVÁLIL	DAT. 16.4.08	STARÝ V.		Č.V.
NÁZEV			ČÍSLO VÝKRESU			
NASTAVOVACÍ KOLÍK 1			001-04-02			
			Listů			
			List			



POZICE	NÁZEV - ROZMĚR	VÝKRES - NORMA	MATERIÁL	J.	MN.	kg
INDEX	ZMĚNA	DATUM	PODPIS	Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně		
				Fakulta technologická		
				Ústav výrobního inženýrství		
ZN.MAT. AI EN-6082			T.O.	HMOTNOST kg		MĚŘ.
ROZM.-POLOT. Tyč kruhová 15						
POM. ZAŘ.			ČSN		TŘ.Č.	
KRESLIL MAJERNÍK TOMÁŠ		NORM.REF.	POZN.		Č. KUSOVNIKU	
PŘEZK.						
TECHNOL.		SCHVÁLIL	DAT. 16.4.08	STARÝ V.		Č.V.
NÁZEV			ČÍSLO VÝKRESU			
<b>NASTAVOVACÍ KOLÍK 2</b>			<b>001-04-03</b>			
			Listů			
			List			