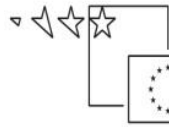




REPUBLIKA SLOVENIJA  
MINISTRSTVO ZA ŠOLSTVO IN ŠPORT



*Naložba v vašo prihodnost*  
OPERACIJO DELNO FINANCIRA EVROPSKA UNIJA  
Evropski socialni sklad

# POMOŽNI MATERIALI V LESARSTVU

ANDREJA PESERL

Višješolski strokovni program: Oblikovanje materialov  
Učbenik: Pomožni materiali v lesarstvu  
Gradivo za 1. letnik

**Avtorica:**

Andreja Peserl, univ. dipl. inž. les.  
LESARSKA ŠOLA MARIBOR  
Višja strokovna šola



**Strokovna recenzentka:**

Metoda Vranjek, univ. dipl. inž. les.

**Lektorica:**

Helga Mihelač, prof. slov. j.

CIP - Kataložni zapis o publikaciji  
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

620.2:674(075.8)(0.034.2)

PESERL, Andreja

Pomožni materiali v lesarstvu [Elektronski vir] : gradivo za 1. letnik / Andreja Peserl. - El. knjiga. - Ljubljana : Zavod IRC, 2011. - (Višješolski strokovni program Oblikovanje materialov / Zavod IRC)

Način dostopa (URL): [http://www.impletum.zavod-irc.si/docs/Skriti\\_dokumenti/Pomozni\\_materiali\\_v\\_lesarstvu-Peserl.pdf](http://www.impletum.zavod-irc.si/docs/Skriti_dokumenti/Pomozni_materiali_v_lesarstvu-Peserl.pdf). - Projekt Impletum

ISBN 978-961-6857-82-6

258207744

Izdajatelj: Konzorcij višjih strokovnih šol za izvedbo projekta IMPLETUM

Založnik: Zavod IRC, Ljubljana.

Ljubljana, 2011

*Strokovni svet RS za poklicno in strokovno izobraževanje je na svoji 132. seji dne 23.9.2011 na podlagi 26. člena Zakona o organizaciji in financiranju vzgoje in izobraževanja (Ur. l. RS, št. 16/07-ZOFVI-UPB5, 36/08 in 58/09) sprejel sklep št.01301-5/2011/11-2 o potrditvi tega učbenika za uporabo v višješolskem izobraževanju.*

© Avtorske pravice ima Ministrstvo za šolstvo in šport Republike Slovenije.

Gradivo je sofinancirano iz sredstev projekta Impletum 'Uvajanje novih izobraževalnih programov na področju višjega strokovnega izobraževanja v obdobju 2008-11'.

Projekt oz. operacijo delno financira Evropska unija iz Evropskega socialnega sklada ter Ministrstvo RS za šolstvo in šport. Operacija se izvaja v okviru Operativnega programa razvoja človeških virov za obdobje 2007-2013, razvojne prioritete 'Razvoj človeških virov in vseživljenjskega učenja' in prednostne usmeritve 'Izboljšanje kakovosti in učinkovitosti sistemov izobraževanja in usposabljanja'.

Vsebina tega dokumenta v nobenem primeru ne odraža mnenja Evropske unije. Odgovornost za vsebino dokumenta nosi avtor.

# KAZALO VSEBINE

<b>PREDGOVOR</b> .....	<b>3</b>
<b>1 POLIMERNI MATERIALI</b> .....	<b>5</b>
<b>1.1 ZGODOVINA PROIZVODNJE UMETNIH SNOVI</b> .....	<b>7</b>
<b>1.2 PRIDOBIVANJE POLIMERNIH MATERIALOV</b> .....	<b>10</b>
1.2.1 Vrste reakcijskih procesov .....	10
1.2.2 Pridobivanje polsintetičnih in sintetičnih mas .....	12
<b>1.3 RAZVRŠČANJE SINTETIČNIH MAS</b> .....	<b>13</b>
1.3.1 Termoplasti.....	14
1.3.2 Duroplasti .....	15
1.3.3 Elastomeri.....	16
<b>1.4 LASTNOSTI POLIMERNIH MATERIALOV</b> .....	<b>17</b>
<b>1.5 POLIMERNI MATERIALI V LESARSTVU</b> .....	<b>18</b>
1.5.1 Snovi, pridobljene s polimerizacijo .....	18
1.5.1.1 Polietilen (PE).....	18
1.5.1.2 Polipropilen.....	19
1.5.1.3 Polivinilklorid, PVC .....	20
1.5.1.4 Trdi PVC.....	20
1.5.1.5 Mehki PVC .....	21
1.5.1.6 Polivinilacetat, PVAC.....	21
1.5.1.7 Polistiren (PS).....	21
1.5.2 Snovi, pridobljene s polikondenzacijo.....	22
1.5.2.1 Fenoplasti.....	22
1.5.2.2 Aminoplasti.....	22
1.5.2.3 Poliestri .....	23
1.5.2.4 Poliamidi.....	23
1.5.3 Snovi, pridobljene s poliadicijo.....	23
1.5.4 Najpogostejše oblike umetnih snovi in primeri njihove uporabe .....	24
<b>2 LEPILA</b> .....	<b>26</b>
<b>2.1 OSNOVE LEPLJENJA</b> .....	<b>27</b>
2.1.1 Površinska napetost in omakalnost.....	28
2.1.2 Adhezija .....	28
2.1.3 Kohezija .....	29
2.1.4 Utrjevanje lepil.....	29
2.1.5 Dodatki lepilom.....	29
<b>2.2 RAZVRŠČANJE LEPIL</b> .....	<b>30</b>
<b>2.3 LEPILA NA OSNOVI NARAVNIH SUROVIN</b> .....	<b>31</b>
2.3.1 Lepila rastlinskega izvora.....	31
2.3.2 Lepila živalskega izvora .....	31
2.3.2.1 Glutinska lepila .....	32
2.3.2.2 Kazeinsko lepilo .....	32
2.3.2.3 Krvnoalbuminsko lepilo.....	33

<b>2.4</b>	<b>SINTETIČNA LEPILA .....</b>	<b>33</b>
2.4.1	Polimerizacijska lepila .....	33
2.4.1.1	Polivinilacetatna lepila (PVA) lepila.....	34
2.4.1.2	Lepila iz sintetičnega kavčuka .....	35
2.4.1.3	Polivinilalkoholna lepila .....	36
2.4.1.4	Poliakrilatna lepila .....	36
2.4.2	Polikondenzacijska lepila .....	36
2.4.2.1	Urea-formaldehidna lepila (UF-lepila).....	37
2.4.2.2	Melamin formaldehidna lepila (MF-lepila).....	38
2.4.2.3	Fenol-formaldehidna lepila (FF-lepila).....	39
2.4.2.4	Resorcinol-formaldehidna lepila (RF-lepila) .....	41
2.4.2.5	Druga polikondenzacijska lepila .....	42
2.4.3	Poliadicijska lepila.....	42
2.4.3.1	Poliuretanska lepila (PU-lepila) .....	42
2.4.3.2	Epoksidna lepila .....	43
2.4.4	Posebne oblike lepil.....	44
<b>3</b>	<b>STEKLO .....</b>	<b>47</b>
<b>3.1</b>	<b>VRSTE STEKLA .....</b>	<b>49</b>
3.1.1	Vrste stekla glede na sestavo .....	49
3.1.2	Vrste stekla glede na namen uporabe .....	51
<b>3.2</b>	<b>OBLIKOVANJE STEKLA .....</b>	<b>52</b>
<b>3.3</b>	<b>UPORABA STEKLA PRI POHIŠTVU IN OPREMI.....</b>	<b>54</b>
<b>4</b>	<b>KERAMIKA.....</b>	<b>58</b>
<b>4.1</b>	<b>LASTNOSTI KERAMIKE IN SUROVINE .....</b>	<b>59</b>
4.1.1	Gline in kaolini .....	59
4.1.2	Kremen .....	60
4.1.3	Glinenci .....	60
4.1.4	Lojevec .....	60
4.1.5	Kalcijeve in magnezijeve spojine .....	60
<b>4.2</b>	<b>OBLIKOVANJE KERAMIČNIH IZDELKOV .....</b>	<b>60</b>
<b>4.3</b>	<b>UPORABA KERAMIKE .....</b>	<b>61</b>
<b>5</b>	<b>KOVINE .....</b>	<b>64</b>
<b>5.1</b>	<b>ŽELEZOVE KOVINE.....</b>	<b>65</b>
<b>5.2</b>	<b>NEŽELEZOVE KOVINE .....</b>	<b>66</b>
<b>5.3</b>	<b>UPORABA KOVIN .....</b>	<b>67</b>
<b>6</b>	<b>NARAVNE KAMNINE .....</b>	<b>70</b>
<b>6.1</b>	<b>MAGMATSKE KAMNINE .....</b>	<b>71</b>
<b>6.2</b>	<b>SEDIMENTNE KAMNINE .....</b>	<b>73</b>

<b>6.3</b>	<b>METAMORFNE KAMNINE .....</b>	<b>73</b>
<b>6.4</b>	<b>LASTNOSTI IN UPORABA NARAVNEGA KAMNA .....</b>	<b>74</b>
<b>7</b>	<b>VIRI IN LITERATURA.....</b>	<b>77</b>

## KAZALO SLIK

Slika 1: Izdelki iz umetnih mas.....	7
Slika 2: Celuloid film.....	7
Slika 3: Zgradba snovi.....	8
Slika 4: Ročaji in gumbi iz bakelita.....	8
Slika 5: Proizvodnja umetnih snovi.....	9
Slika 6: Razvrščanje sintetičnih mas.....	13
Slika 7: Shematični prikaz razporeditve polimernih verig v posamezni vrsti materiala.....	17
Slika 8: Lesni kompozit.....	19
Slika 9: Konferenčni stoli iz polipropilena.....	19
Slika 10: Plastične cevi iz polivinilklorida.....	20
Slika 11: Okno iz PVC.....	20
Slika 12: Rozete iz polistirena.....	21
Slika 13: Zračni mehurčki v steklu (levo) in kamen v steklu (desno).....	49
Slika 14: Ornamentna stekla.....	52
Slika 15: Leseni kalup.....	53
Slika 16: Vlečenje stekla.....	54
Slika 17: Stekljeni ročaji.....	55
Slika 18: Stekljena miza.....	55
Slika 19: Steklo v različnih oblikah.....	56
Slika 20: Posoda zlato jabolko (porcelan, pozlata).....	62
Slika 21: Stol z jeklenim ogrodjem.....	66
Slika 22: Alu–les okno.....	67
Slika 23: Vrtni paviljon.....	68
Slika 24: Kovinsko pohištvo.....	68
Slika 25: Najpogosteje uporabljeni graniti.....	72
Slika 26: Najpogosteje uporabljeni marmorji.....	74
Slika 27: Stopnice.....	75
Slika 28: Terilnik za orehe.....	75

## KAZALO TABEL

Tabela 1: Dodatki za obarvanje stekla in njihovi barvni učinki.....	50
---	----

## **PREDGOVOR**

Študijsko gradivo Pomožni materiali v lesarstvu je namenjeno študentom Višješolskega študijskega programa »Oblikovanje materialov«.

Les in lesni kompoziti so osnovni materiali, iz katerih so največkrat tudi v celoti izdelani proizvodi pohištvene industrije, manjši izdelki iz lesa ali drobni dekorativni predmeti. Mnogokrat pa je potrebno za kvalitetno konstrukcijsko izvedbo uporabiti tudi druge materiale, še pogosteje se dodatni materiali uporabljajo kot dekorativna dopolnitev načrtovanega izdelka. V študijskem gradivu so prikazani najpogostejši materiali, ki so vključeni v končne izdelke, pri čemer govorimo o izdelkih predvsem na področju lesarstva, oziroma še podrobneje, na področju pohištvene industrije.

V začetnem delu študijskega gradiva so predstavljeni polimerni materiali, ki se vedno bolj vključujejo v sestavo izdelkov in mnogokrat osnovne materiale, kot so les, tudi povsem nadomestijo. Predstavljena so lepila, ki pomenijo enega izmed načinov spajanja različnih materialov v celoto.

V nadaljevanju pa so predstavljeni materiali: steklo, keramika, kovina in naravne kamnine. Le-ti so svoje odlične lastnosti izkazali že v razvoju naše civilizacije. Z novimi pristopi v oblikovanju ter z novimi tehnologijami pa lahko naštetih materialov zaživijo v novih oblikah, kar vsekakor dokazujejo tudi vedno novi, tehnološko izpopolnjeni in oblikovalsko dovršeni izdelki, ki prihajajo iz rok današnjih oblikovalcev.



# 1 POLIMERNI MATERIALI

*Vsebina poglavja:*

- Zgodovinski pregled proizvodnje umetnih snovi
- Pridobivanje polimernih materialov
- Razvrščanje sintetičnih mas
- Lastnosti polimernih materialov
- Polimerni materiali v lesarstvu

*V poglavju boste:*

- spoznali različne polimerne materiale,
- razumeli potek pridobivanja, strukturo in lastnosti polimernih materialov,
- primerjali značilnosti in lastnosti termoplastov, duroplastov in elastomerov,
- znali izbrati primerno obliko polimernega materiala,
- spoznali najpomembnejše polimere, njihove lastnosti in uporabnost v lesarstvu.

»Lahko rečemo, da dandanes živimo v "plastični" dobi. Okrog nas je toliko predmetov, narejenih iz umetnih snovi, da jih komaj še zaznavamo. Kakor so naši davni predniki v kamenu dobi uporabljali kamen za izdelovanje orožja in orodja, tako danes uporabljamo v vsakdanjem življenju predmete iz umetnih snovi: nalivna peresa, očala, posodo ...

Poglejte okrog sebe, doma ali na ulici, in opazili boste predmete iz najrazličnejših umetnih snovi. Tako boste ločili trde, toge umetne snovi, elastične, ki se vračajo v prvotno obliko, snovi, ki so prozorne kot steklo ...« (<http://ro.zrsss.si/~puncer/mase/newpage6.htm>, 26. 2. 2009).

Poznavanje osnovnih značilnosti sintetičnih mas je tudi za lesarje izredno pomembno, saj si sodobnega sveta ne moremo predstavljati brez sintetičnih mas, ki so tako izrazito zaznamovale celotno 20. stoletje. V lesarstvu jih uporabljamo kot osnovno surovino za proizvodnjo sintetičnih lepil, premaznih in zaščitnih sredstev, za impregnacijo papirja v proizvodnji folij in laminatov ter kot konstrukcijski material (pohištvo, deli pohištva, okovje, okrasni elementi)

(<http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Ucbeniki/LepilainMaterialiZaPovrsinskoObdelavo.pdf>, 22. 2. 2009).

Kaj so polimeri?

Izraz »polimer« je prvič uporabil švedski znanstvenik Berzelius leta 1827. Predpona »poli« pomeni mnogo, veliko, »mer« pa pomeni del, delec, segment. Izraz polimer dobesedno pomeni »mного delov« in se nanaša na sestavo molekul, ki sestavljajo polimerne materiale. Polimerne molekule so na dimenzijskem nivoju molekul in atomov zelo velike molekule, imenujemo jih tudi makromolekule. Velike so tako glede na svoje dimenzije, kakor tudi glede na svojo molekulsko maso. Makromolekule so sestavljene iz kovalentno med seboj povezanih malih molekul, sestavnih delov, ki jih imenujemo monomeri. Monomerov je lahko v makromolekuli nekaj 10, 100, 1.000, 10.000, lahko tudi nekaj sto tisoč ali tudi reda velikosti milijon, odvisno od vrste polimernega materiala (Petrič, 2008).

Polimerni materiali označujejo skupino gradiv, ki se jih izdeluje s kemijsko predelavo naravnih sestavin, kot so npr. nafta, premog ali zemeljski plin. Zasedimo jih pod različnimi imeni: umetne, sintetične ali plastične snovi, pa tudi polimerni materiali, kar je edino strokovno pravilno. Sestavljeni so iz polimerov, ki so v glavnem makromolekule organskih spojin, saj jih zelo redko srečamo kot anorgansko spojino. K naravnim organskim polimerom prištevamo proteine, lateks itd., k naravnim anorganskim polimerom pa kremen. Sintetični anorganski polimer je npr. steklo, organski pa so npr. polistiren, poliamid, polietilen itd (Prijanovič Tonkovič, 2003).

Glede na izvor organskih spojin se polimerni materiali delijo na :

- materiale na osnovi naravnih sestavin (osnovne surovine za pridobivanje teh snovi so produkti živih organizmov – npr. celuloza) in
- sintetično izdelane materiale (osnovne surovine za pridobivanje teh spojin so danes v glavnem kemični proizvodi iz nafte ali zemeljskega plina. Tako se šest odstotkov naftnih derivatov porabi za izdelovanje polimernih materialov (Prijanovič Tonkovič, 2003).



Slika 1: Izdelki iz umetnih mas

Vir: <http://ro.zrsss.si/~puncer/mase/newpage6.htm> (26. 2. 2009)

## 1.1 ZGODOVINA PROIZVODNJE UMETNIH SNOVI

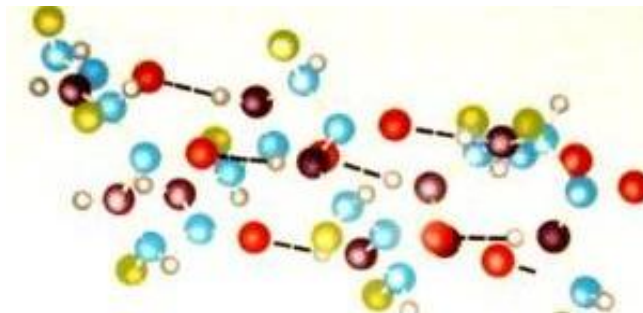
Prav posnemanje naravnih snovi je pripeljalo leta **1869** ameriškega raziskovalca Johna *Wesleya Hyatta* do odkritja umetnih snovi. V svojem laboratoriju je skušal producirati slonovo kost. Po več neuspešnih poskusih je zmešal kolodij (raztopina nitrata celuloze v zmesi alkohola in etra) in kafro (zelo dišeča, hlapljiva, mastna kristalna snov). S tem je po naključju dobil *celuloid*, eno od prvih umetnih snovi, ki je izzvala revolucijo zlasti na področju fotografije. Vse dotlej so fotografije izdelovali s pomočjo emulzije na stekleni plošči. Celuloid so začeli uporabljati tudi za izdelovanje okraskov in drugih igrac (<http://ro.zrsss.si/~puncer/mase/newpage6.htm>, 26. 2. 2009).



Slika 2: Celuloid film

Vir: <http://www.google.si/imgres?imgurl=http://4.bp.blogspot.com> (14. 4. 2011)

Vzemimo na primer kemični svinčnik, kakršnega uporabljamo vsak dan, in si zamislimo, da vidimo notranjo sestavo snovi, iz katere je sestavljen. Videli bi, da je snov sestavljena iz atomov, ki jih drži skupaj sila električne privlačnosti. Slika 3 prikazuje, kako je snov sestavljena. Zamislite si vrsto drobnih kroglic s številnimi vezmi, ki skupaj tvorijo verigo. Na njihovo gibanje lahko vpliva toplota. Te pa se spajajo druga z drugo in tvorijo umetno snov, ki jo je mogoče modelirati in oblikovati v kalupih. Ko se snovi ohladi do ustrezne temperature, se predmet strdi in zadrži obliko kalupa (<http://ro.zrsss.si/~puncer/mase/newpage6.htm>, 26. 2. 2009).



Slika 3: Zgradba snovi

Vir: <http://ro.zrsss.si/~puncer/mase/newpage6.htm> (26. 2. 2009)

Že leta **1838** je francoski kemik Henri Viktor Regnault polimeriziral vinil-klorid v polivinilklorid (PVC). Leta **1897** sta nemška kemika Krische in Spitteler iz kazeina pridobila *galalit*. Kazein je mlečna beljakovina. Iz njega dobljena umetna snov je izredno trdna. Še dandanes jo uporabljajo za izdelovanje gumbov, držajev za dežnike, za kljuge na vratih in še za marsikaj. Prvotno so filmske trakove izdelovali iz celuloida, ker pa so bili zelo vnetljivi in jih je večkrat vžgala že toplota v projektorju, so kemiki začeli iskati primernejšo snov, podobno celuloidu, vendar ne vnetljivo. Leta 1908 je nemško podjetje Agfa, hkrati z ameriškim podjetjem Estman kodak, začelo izdelovati negorljive filme iz celuloidnega acetata. Leta **1909** je belgijski kemik Leo *Hendrik Baekeland* uvedel v svet umetnih snovi fenol-formaldehidne smole. Snov je z valjanjem postala trda, površina pa gladka in črna. Dobila je ime **bakelit** in kmalu so jo začeli na veliko uporabljati. Tudi dandanes izdelujejo iz bakelita vrsto predmetov, na primer ohišja za električna stikala in mnoge predmete za gradbeno stroko in gospodinjstvo. Baekeland je v ZDA ustanovil podjetje Bakelite (<http://ro.zrsss.si/~puncer/mase/newpage6.htm>, 26. 2. 2009).



Slika 4: Ročaji in gumbi iz bakelita

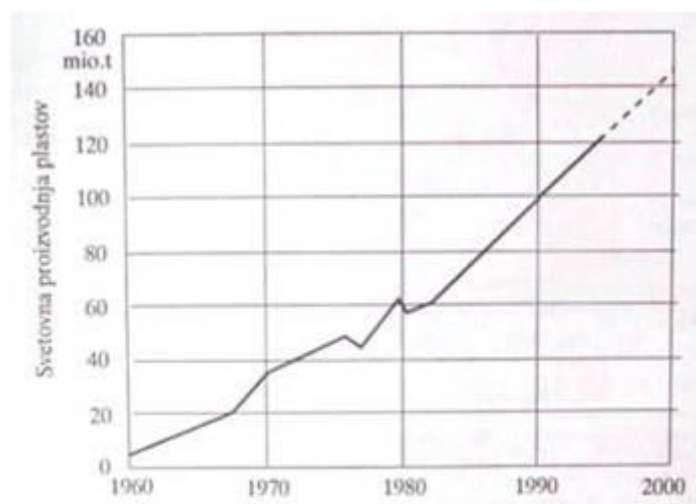
Vir: <http://ro.zrsss.si/~puncer/mase/newpage6.htm> (26. 2. 2009)

Čeprav je težko verjeti, da so prozorne nogavice ali zavese po naših domovih izdelane iz nafte, je treba temu pritrditi, saj surovine za najlon izdelujemo iz nafte. Iz najlona je mogoče izdelati celo pogonske naprave, ki jih ni treba mazati, ali ladijske vijake. Najlonske vrvi so močnejše in trdnejše od konopljinih, in kar je še pomembnejše, tudi trajnejše so. Morda zveni neverjetno, toda dejstvo je, da so najlonske niti močnejše od jeklenih.

V času do danes so izdelali veliko novih umetnih snovi, ki se razlikujejo od ostalih po barvi, odpornosti, prozornosti ... (<http://ro.zrsss.si/~puncer/mase/newpage6.htm>, 26. 2. 2009).

Steklene šipe na avtomobilih so bile ob nesrečah zelo nevarne in so pogosto povzročale veliko škode. Ravno zaradi tega je akrilno steklo prineslo na tem področju veliko sprememb. Uporabljajo ga za letalska stekla in posoda, kjer je potrebno in koristno zamenjati navadno krhko steklo s trdim in odpornim akrilnim steklom. Umetna snov, ki je znotraj okrepljena s steklenimi vlakni (umetno sintetično vlakno), je omogočila proizvodnjo predmetov, ki so odpornejši kot kovinski. Uporabljajo jo za izdelovanje čolnov, letalskih kril in celo za avtomobilske karoserije. Sanitarni predmeti, na primer kadi, umivalniki, bazeni, smuči in še mnogi drugi predmeti, ki jih srečujemo v vsakdanjem življenju, so izdelani iz umetnih snovi (<http://ro.zrsss.si/~puncer/mase/newpage6.htm>, 26. 2. 2009).

**Vinil-klorid**, za katerega francoski kemik Regnault ni našel uporabne vrednosti, je pozneje postal ena izmed najkoristnejših umetnih snovi, kar jih je v uporabi. Iz njega izdelujejo cevi, različne obloge za rezervoarje ali cisterne, varovalne ovoje za električne kable in neštete druge stvari v sodobni industriji. Svetovna poraba umetnih snovi je danes skoraj neverjetna, cenijo jo v grobem nad 120 milijonov ton letno. Na diagramu vidimo, da se proizvodnja umetnih snovi strmo dviga in jo ocenjujemo v milijonih tonah letno (<http://ro.zrsss.si/~puncer/mase/newpage6.htm>, 26. 2. 2009).



Slika 5: Proizvodnja umetnih snovi

Vir: <http://ro.zrsss.si/~puncer/mase/newpage6.htm> (26. 2. 2009)

»Začetek industrijske proizvodnje polimernih materialov (umetnih snovi) sega v leto 1870, ko je Hyatt razvil celuloz. 1912 leta so razvili polivinilklorid, nekaj let pozneje (1925) pa stiren, iz katerega so izdelali polistiren. Nadaljnji razvoj umetnih snovi je povezan z izdelavo sintetičnih vlaken, ki so jih začeli uporabljati v tekstilni industriji. Tako so leta 1938 izdelali najlon, iz katerega so najprej izdelovali padala za vojsko, nato pa so začeli izdelovati nogavice za široko porabo. Na Slovenskem se polimerni materiali pojavijo že pred prvo svetovno vojno z uporabo derivatov celuloze za premazna sredstva v tovarni barv in lakov v Medvodah. Danes so prodrli polimerni materiali na vsa področja, kjer človek živi in dela. Tako jih srečamo v medicini, potem kot uspešne zvočne izolatorje, nadalje jih veliko uporabljajo v avtomobilski industriji. Polimerni materiali igrajo pomembno vlogo tudi pri

embaliranju hrane, saj se je tako močno zmanjšal delež pokvarljive hrane. Srečujemo jih v gradbeništvu« (Prijanovič Tonkovič, 2003, 161).

Industrijski razvoj pravih sintetičnih polimerov, pridobljenih iz enostavnih kemikalij, se je začel v začetku tega stoletja s proizvodnjo bakelita. Masovna proizvodnja polimerov se je razvila šele v novejšem času, ko so plastične snovi začeli uporabljati tudi na tehničnih področjih. Izdelke iz sintetičnih materialov srečujemo na vseh področjih, in sicer v:

- medicini,
- strojništvu,
- gradbeništvu,
- elektrotehniki,
- industriji pohišta,
- avtomobilski industriji,
- splošni uporabi (Bezjak, 1997).

Glavne lastnosti, zaradi katerih so sintetični materiali pomembni v vseh vejah industrije, so :

- odpornost proti koroziji,
- odpornost proti kemikalijam,
- lastnosti termične izolacije,
- dobre dielektrične lastnosti,
- mehanska trdnost,
- zunanja privlačnost (Bezjak, 1997).

## 1.2 PRIDOBIVANJE POLIMERNIH MATERIALOV

Prve sintetične mase so začeli proizvajati že v 19. stoletju, industrijsko pomembne pa so postale v drugi polovici 20. stoletja. Proizvodnja sintetičnih snovi še vedno narašča, saj kemijska tehnologija omogoča kontrolirano usmerjanje proizvodnje z namenom pridobivanja produktov z vnaprej načrtovanimi fizikalnimi in mehanskimi lastnostmi. To dosežemo s spreminjanjem tehnoloških parametrov: temperature, tlaka ali časa trajanja kemične reakcije, z dodatkom različnih spojin ipd. Spojine, ki sprožijo kemični proces, so **iniciatorji**, **katalizatorji** pospešujejo kemično reakcijo, vendar v njej ne sodelujejo, **inhibitorji** pa jo zavirajo. Z dodatkom **mehčal** ali **plastifikatorjev** omehčamo pretrde snovi in izboljšamo njihovo sposobnost obdelovanja (<http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Ucbeniki/LepilainMaterialiZaPovrsinskoObdelavo.pdf>, 22. 2. 2009).

Polimeri se pridobivajo iz monomerov sintetično ali s pretvorbo naravnih snovi s procesom, ki predstavlja proces spajanja zelo majhnih molekul v makromolekule (polimerizacija, polikondenzacija, poliadicija). Prehod majhnih molekul v velike molekule je izvršen s kemičnimi reakcijami, ki potekajo pri določeni temperaturi, tlaku in s pomočjo katalizatorjev (Prijanovič Tonkovič, 2003).

### 1.2.1 Vrste reakcijskih procesov

Pri pridobivanju polimernih snovi razlikujemo tri vrste reakcijskih procesov:

- polimerizacijo,
- polikondenzacijo in
- poliadicijo.

**POLIMERIZACIJA**

*je kemična reakcija, pri kateri se nenasičene organske spojine povezujejo v makromolekule. Reakcija poteka zelo hitro: najprej se razcepijo dvojne (ali trojne) vezi nenasičenih spojin in nastanejo radikali (radikali so atomske skupine, ki imajo prosto valenco), ki se takoj povezujejo med seboj v dolge linearne makromolekule. Tako nastanejo številni sintetični produkti, ki jih imenujemo polimerizati.*

Polimerizacija je najbolj razširjen industrijski postopek sinteze termoplastičnih mas. Monomeri tekočih ali plinastih substanc se nalagajo drug na drugega na mestih dvojnih valenc, ki razpadejo. Pri tem se ena valenca porabi za zvezo z drugim monomernim delcem, pri čemer se ne izloča noben stranski produkt (<http://lab.fs.uni-lj.si/lap/html/pages/si-polimerna-gradiva-materiali.htm>, 10. 4. 2011).

Primer: - CH<sub>2</sub> - CH<sub>2</sub> - CH<sub>2</sub> - CH<sub>2</sub> - CH<sub>2</sub> - (polietilen)

**POLIKONDENZACIJA**

*je spajanje spojin z malimi molekulami (monomero) v spojine z makromolekulami, pri čemer se odceplja voda. Reakcija lahko poteka le med spojinami, ki imajo vsaj po dve funkcionalni skupini. Nastali polikondenzati imajo večinoma smolnate lastnosti in jih zato označujemo kot sintetične smole. Večina jih tvori prostorsko zamrežene makromolekule in so duroplasti. Reakcijo polikondenzacije lahko nadzorujemo in prekinemo na določeni stopnji. Tako dobimo produkte, ki imajo najbolj ustrezne lastnosti za nadaljnjo uporabo.*

Pri polikondenzacijskem procesu se različni monomeri preko reakcijsko sposobnih končnih skupin spojijo skupaj, pri čemer se kot stranski produkt izloči voda, amonijak ali drugi nizkomolekularni stranski produkti.

Značilni produkti polimerizacije so poliestri, polikarbonati in poliamidi (<http://lab.fs.uni-lj.si/lap/html/pages/si-polimerna-gradiva-materiali.htm>, 10. 4. 2011).

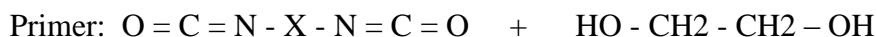
Primer: fenol + formaldehid = fenolna smola + voda

## **POLIADICIJA**

*je kemična reakcija, ki poteka med nenasičenimi organskimi spojinami (spojinami z dvojnimi ali trojnimi vezmi), in spojinami, ki vsebujejo vsaj dve funkcionalni skupini. Pri tem se vodikov atom iz funkcionalne skupine (npr. -OH) pripoji (adicija = pripojitev) na organsko spojino, pri kateri se prekine dvojna ali trojna vez.*

Pri poliadiciji se združujeta dva različna monomerna delca, ki vsebujeta atomske skupine in sta sposobna za reakcijo. Reakcijo spajanja monomernih delcev sproži preseljevanje vodikovega atoma iz enega monomera k drugemu. Pri tem ne nastajajo nobeni stranski produkti

(<http://lab.fs.uni-lj.si/lap/html/pages/si-polimerna-gradiva-materiali.htm>, 10. 4. 2011).



dobimo:



### **1.2.2 Pridobivanje pilsintetičnih in sintetičnih mas**

**Pilsintetične mase** pridobivamo iz naravnih makromolekulskih spojin (naravnih polimerov): celuloze, kavčuka in beljakovin

(<http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Ucbeniki/LepilainMaterialiZaPovrsinskoObdelavo.pdf>, 22. 2. 2009).

***Celuloza** je v naravi najbolj razširjen polisaharid. Z organskimi in anorganskimi kislinami tvori estre. Estri celuloze z dušikovo kislino so nitrati celuloze, ki so pomembni za proizvodnjo nitroceluloznih lakov.*

***Kavčuk** je naravni polimerizat izoprena in za lesno industrijo nima večjega pomena.*

**Beljakovine** sestavljajo številne, v verigo vezane aminokisljine. Smolnate beljakovinske mase (proteinske smole) proizvajamo iz različnih sestavin: rogov, parkljev, kože, perja, soje ipd. Uporabljamo jih kot osnovno surovino za proizvodnjo nekaterih lepil (kostni in kožni klij).

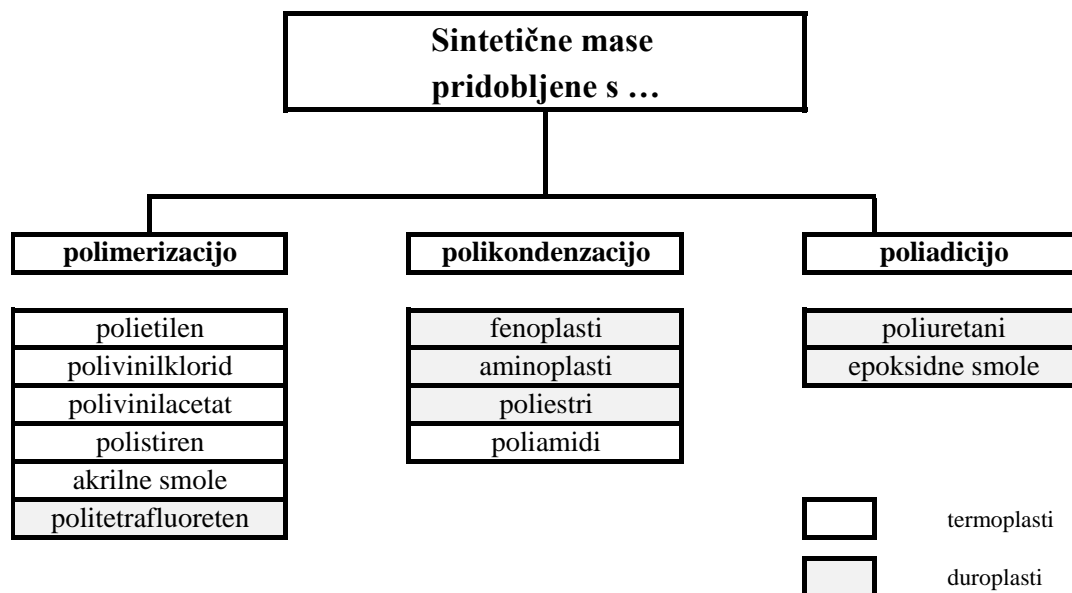
**Prave sintetične mase** pridobivamo s spajanjem (sintezo) številnih snovi z malimi molekulami (t. i. monomerov). Sintetiziramo lahko le nekatere snovi. Osnovne spojine, ki so sposobne tvoriti makromolekule, lahko razvrstimo v dve skupini. To so:

- nenasičene spojine, tj. spojine, ki imajo dvojne oz. trojne vezi in
- nasičene spojine z reaktivnimi mesti, tj. s funkcionalnimi skupinami.

### 1.3 RAZVRŠČANJE SINTETIČNIH MAS

Sintetične mase razvrščamo po različnih kriterijih: po kemični sestavi, načinu pridobivanja, fizikalnih lastnostih, velikosti makromolekul ipd.

V nadaljevanju je podana razvrstitev sintetičnih mas glede na način pridobivanja oz. vrste reakcijskih procesov (slika 6), hkrati pa je podana tudi razvrstitev posameznih spojin med termoplaste in duroplaste.



Slika 6: Razvrščanje sintetičnih mas

Vir:

<http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Ucbeniki/LepilainMaterialiZaPovrsinskoObdelavo.pdf>  
(22. 2. 2009)

**Fizikalne lastnosti** sintetičnih mas, s tem pa tudi njihova *odpornost proti povišani temperaturi*, izvirajo iz njihove makromolekulske zgradbe.

Ločimo: termoplaste, duroplaste in elastomere.

### 1.3.1 Termoplasti

**TERMOPLASTI** so zgrajeni iz verižnih (linearnih) makromolekul, ki prostorsko niso povezane z močnimi kemičnimi vezmi. Pri segrevanju se medmolekulske vezi zrahljajo, snov se zmehta in jo lahko oblikujemo, ko se ohladi, pa ponovno otrdi. Postopek lahko ponovimo nešteto krat. Vroče termoplaste lahko oblikujemo z brizganjem, valjanjem, pihanjem, stiskanjem, vlečenjem ipd.

»Termoplasti so polimerni materiali, ki so lahko viskozne tekočine, lahko pa so tudi amorfne ali delno kristalne snovi. Pri temperaturi okolice so trde snovi, ki se s segrevanjem zmehtajo. Lahko se preoblikujejo in varijo. Njihove odpadne materiale lahko ponovno vračamo v proces.

Surovini za pridobivanje termoplastov sta nafta in zemeljski plin, iz katerih se s kemično predelavo dobijo nenasičene spojine, kot je aceten, etilen, itd. Te spojine lahko polimerizirajo same ali s pomočjo katalizatorjev. Posledica je, da nastanejo nove spojine. Tako dobimo polistiren namesto stirena, polivinilklorid s polimerizacijo vinilklorida, polietilen s polimerizacijo etilena itd.« (Prijanovič Tonkovič, 2003, 168).

Termoplastične mase so danes v svetu pa tudi pri nas najbolj razširjene. Njihova prednost pred ostalimi je reciklaža, kar z drugimi besedami pomeni možnost večkratne predelave. Z ekološkega vidika imajo torej pred seboj še svetlo prihodnost.

Termoplasti so linearni razvejani polimeri, ki se največkrat predelujejo pri povišani temperaturi. Od tod izvira tudi ime: termoplasti – thermos = toplo.

Pri višjih temperaturah postane polimer tekoč in primeren za brizganje. Po ohladitvi talina otrdi in obdrži dano obliko. Njihova slaba lastnost je torej v tem, da niso odporni proti povišani temperaturi, saj se dokaj hitro začnejo mehčati in izgubijo svoje mehanske lastnosti ([fs-server.uni-mb.si/.../Polimerni%20materiali%20Krumpačnik%20Blaž.ppt](http://fs-server.uni-mb.si/.../Polimerni%20materiali%20Krumpačnik%20Blaž.ppt), 19. 4. 2010).

Temperatura uporabnosti termoplastov je odvisna od vrste termoplasta.

Danes v svetu obstaja cela množica različnih termoplastičnih materialov, ki vedno bolj konkurirajo duroplastom (termoplasti, odporni proti višjim temperaturam) in elastomerom (termoplastični elastomer). Najbolj znani termoplasti so: polietilen, polipropilen, polivinilklorid, polistiren, akrilonitril butadien stiren, poliamid, polikarbonat (<http://www2.sts.si/arhiv/tehno/Plastika/termoplasti.htm>, 11. 4. 2011).

**Pri preoblikovanju termoplastov govorimo o različnih oblikah preoblikovanja** (<http://lab.fs.uni-lj.si/lap/html/pages/si-polimerna-gradiva-tehnologije.htm>, 10. 4. 2011):

**Injekcijsko brizganje** je proces, pri katerem potiskamo stopljeno plastiko v orodje ali matrico. Ko se plastika ohladi, lahko orodje odpremo in izvržemo plastični del. Dandanes je injekcijsko brizganje zelo razširjeno, saj se lahko uporablja tako za masovno proizvodnjo kot tudi za izdelavo posameznih testnih primerkov.

Injekcijsko brizganje je relativno nov način predelave polimerov, ki pa se je v zadnjem času zelo razširil. Ima tako dobre kot slabe lastnosti. Dobre lastnosti so predvsem:

- velika proizvodna zmogljivost,
- uporaba različnih materialov,

- visoka stopnja avtomatizacije,
- majhna količina odpadkov,
- potrebna obdelava po brizganju je majhna.

Slabe lastnosti pa so:

- visoki stroški nakupa orodja,
- obratovalni stroški so lahko visoki,
- oblika izdelkov mora biti prilagojena orodju.

**Brizganje s plinom** je tehnika predelave umetnih mas, s katero proizvajamo votle dele v plastičnih izdelkih. Navadno brizganje s plinom poteka na standardnih brizgalkah za injekcijsko brizganje, pri čemer najprej orodje delno zapolnimo s staljenim polimerom, nato pa dovedemo plin ali tekočino skozi brizgalno šobo stroja ali pa skozi eno ali več orodnih šob.

**Termoformiranje** je proces, pri katerem plošče iz umetnega materiala najprej segrejemo, nato pa jih oblikujemo v želeno obliko z različnimi tehnikami vlečenja, raztegovanja in krivljenja. Ta tehnologija se uporablja predvsem za izdelovanje cenениh izdelkov, kot so pladnji, embalaža, plastične posode itd.

**Ekstrudiranje** je zelo podobno injekcijskemu brizganju, le da tu stopljeno plastiko potiskamo skozi matrico namesto v orodje. Je ena temeljnih tehnik obdelovanja plastike, uporabljamo pa jo za izdelovanje dolgih predmetov s konstantnim prerezom, kot so plastične cevi, okenski profili, izolirane električne žice itd. Tudi pri ekstrudiranju, podobno kot pri brizganju, najprej v lijak nasujemo umetno maso, ki nato pade v batnico, kjer se segreje in nato stopi, vrteči se polž pa jo neprestano potiska naprej proti koncu batnice. Tu je na napravo pritrjena matrica, ki ima obliko končnega produkta. Ko se plastični material ekstrudira skozi njo, material ohladimo z vodo ali oljem.

**Pihanje** je proces izdelovanja votlih predmetov z vpihavanjem zraka v kos umetne mase, tako da se ta razširi po notranjih stenah orodja. S tem postopkom nastanejo plastične steklenice, posode, kantice za gorivo ali kemikalije, sodi itd.

### 1.3.2 Duroplasti

***DUROPLASTI** so zgrajeni iz makromolekul, ki so med seboj povezane v gosto prostorsko mrežo in zato ohranijo tudi pri višji temperaturi svojo obliko. Ko se strdijo, jih ni mogoče več preoblikovati.*

»Duroplasti so polimerni materiali, ki imajo kemično zamreženo vezane makromolekule. Oblikujejo se s taljenjem in vlivanjem, kar pomeni, da se pri segrevanju zmeščajo, nato stalijo, pri tem pa se njihova struktura zamreži. Dejansko je cela zgradba ena sama molekula, v kateri so vezi enako močne. Ko se duroplasti strdijo, postanejo trdi. Takšni so tudi pri temperaturi okolice. S segrevanjem se ne zmeščajo preveč. Preoblikovanje duroplastov je omejeno. Težko se topijo in se ne varijo. Njihovi odpadki se ne dajo regenerirati. Duroplasti se pri določeni temperaturi utrdijo in se ne dajo več preoblikovati. So težji od termoplastov« (Prijanovič Tonkovič, 2003, 171).

Za razliko od termoplastov, katerih proizvodnja nenehno narašča, pa je področje duroplastov mnogo bolj mirno. Vzrok je verjetno v tem, da duroplastov ne moremo reciklirati, preoblikovanje se namreč lahko opravi le enkrat. Duroplasti so snovi z veliko trdnostjo in obstojnostjo oblike (od tod tudi ime duros = trd). Vez, ki nastane med makromolekulami, se ne sprostí niti s segrevanjem, zato so te snovi po reakciji neraztaljive in se razkrojijo šele pri sežigu.

Kljub temu pa so duroplasti na številnih področjih nezamenljivi. Odlikuje jih predvsem velika temperaturna obstojnost in trdnost (<http://lab.fs.uni-lj.si/lap/html/pages/si-polimerna-gradiva-materiali-duroplasti.htm>, 10. 4. 2011).

V skupino duroplastov sodijo: fenolne smole (fenoplasti), urea smole, melanin (aminoplasti), nenasičene poliesterske smole, epoksi smole, puliuretan.

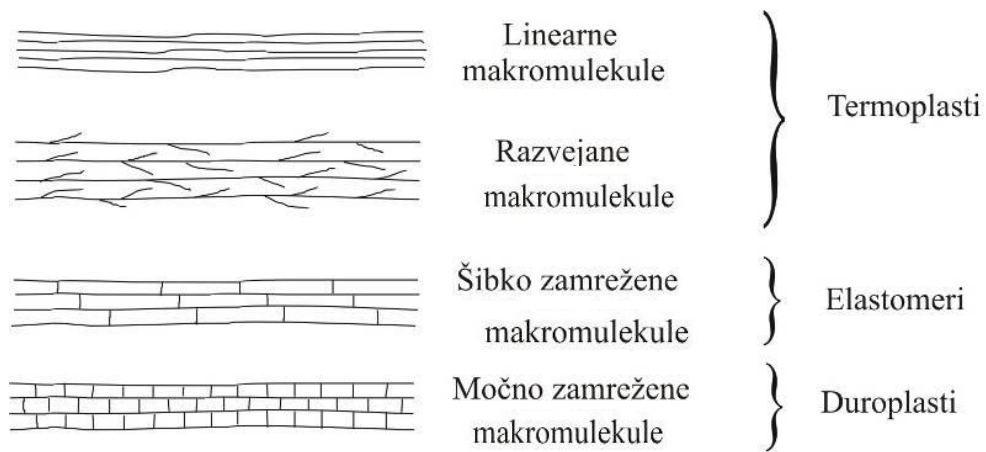
### 1.3.3 Elastomeri

**ELASTOMERI** imajo le delno zamreženo strukturo in imajo elastične lastnosti.

»Elastoplasti so polimerni materiali, ki imajo med seboj ohlapno vezano makromolekulsko mrežo. Vedno so amorfni. Pri temperaturi okolice so mehko gumasto elastični. Zanje je značilno, da v primeru, če delujejo nanje majhne napetosti, pride do velikih elastičnih raztezkov. Ko sila popusti, se vrnejo v prvotni položaj. Elastoplasti so polimerne snovi, ki obdržijo elastičnost kljub zunanjim obremenitvah. Primer elastoplastov: naravni kavčuk, silikonski kavčuk, butadienski kavčuk itd. Pridobivajo se iz termoplastov z vulkanizacijo. Pri tem se zgodi, da se verige polimerov povežejo z atomi žvepla v »mrežo«, hkrati pa imajo dovolj zamreženja, da ne lezejo. Z dodatkom žvepla se elastomerom poveča trdnost in odpornost proti obrabi« (Prijanovič Tonkovič, 2003, 170).

Elastomeri nastanejo tako, da se nitaste makromolekule kavčuka med vulkanizacijo na redkih mestih elastično povezujejo. Ta elastična vez omogoča veliko raztegljivost snovi, vendar pa kljub elastičnosti členkastih vezi molekule niso razdružljive in je ponovna taljivost, tako kot pri duroplastih, nemogoča. Snov se pri segrevanju ne tali in se razkroji šele pri sežigu, tako da je tudi ta proces ireverzibilen. Prvi poznani elastomer je bil **kavčuk**. Z različnimi primesmi in z **vulkanizacijo** se nitaste makromolekule med seboj členkasto sprimejo in tvorijo nerazdružljivo elastično zvezo. Tako iz plastičnega kavčuka dobimo elastično gumo, ki se pod mehansko obremenitvijo elastično preoblikuje, nato pa se pri razbremenitvi povrne v prvotno obliko; uvrščamo jo med naravne elastomere ([fs-server.uni-mb.si/.../Polimerni%20materiali%20Kruppačnik%20Blaž.ppt](http://fs-server.uni-mb.si/.../Polimerni%20materiali%20Kruppačnik%20Blaž.ppt), 19. 4. 2010).

Začetek razvoja **sintetične gume** sega v obdobje med drugo svetovno vojno. Danes poznamo več vrst sintetične gume.



Slika 7: Shematični prikaz razporeditve polimernih verig v posamezni vrsti materiala  
Vir: [fs-server.uni-mb.si/.../Polimerni%20materiali%20Kruppa%20Blaž.ppt](https://fs-server.uni-mb.si/.../Polimerni%20materiali%20Kruppa%20Blaž.ppt) (19. 4. 2010)

#### 1.4 LASTNOSTI POLIMERNIH MATERIALOV

Prednosti polimernih materialov (Prijanovič Tonkovič, 2003):

- odpornost proti atmosferskim vplivom,
- praviloma slabo prevajajo električni tok,
- zelo dobro dušijo vibracije,
- lahko se obarvajo,
- enostavno se oblikujejo,
- končni izdelki so gladki in ni potrebna nobena dodatna površinska obdelava,
- lahko jih preoblikujemo z različnimi tehnološkimi postopki, kot so: litje, iztiskovanje, valjanje, stiskanje itd.,
- so obstojni oziroma so topni le v nekaterih kemičnih sredstvih, saj jih mnoge kisline in hidroksidi ne napadajo (ponavadi so polimeri topni v kemijsko sorodnih topilih ali v močno koncentriranih kislinah).

Poleg zgornjih prednosti navaja Bezjakova še:

- majhno gostoto plastičnih snovi, ki je manjša kot gostota kovin in so zato predmeti, narejeni iz plastičnih snovi, lahki,
- korozijsko odpornost (večina plastičnih snovi je odporna proti koroziji, zato jih uporabljamo v primerih agresivnih medijev),
- toplotno izolacijo (plastične snovi so v bistvu slabi prevodniki toplote in so v penasti obliki neprekosljivi termični izolatorji),
- dekorativne efekte – plastične snovi so lahko prozorne, prosojne in neprozorne. Barvamo jih v neomejenem številu barv in nians. Pravilno izbrane in oblikovane lahko dajo izredno dobre dekorativne efekte (Bezjak, 1997).

Polimerni materiali imajo tudi svoje pomanjkljivosti. To so predvsem:

- gorljivost, pri čemer se razvijejo zdravju škodljivi plini,
- neodpornost na svetlobo (UV-žarke),
- odvrženi izdelki iz polimernih materialov (odpadni polimerni materiali so netopni v vodi, mikroorganizmi jih ne razkrajajo, v kolikor le-ti ne vsebujejo škroba, so odporni proti koroziji, zavzemajo veliko prostornino in tako predstavljajo veliko obremenitev za okolje),

- staranje (kemični razpad polimerov kot posledica staranja lahko traja več desetletij) (Prijanovič Tonkovič, 2003),
- majhna trdnost (praviloma je trdnost plastičnih snovi manjša kot trdnost kovin),
- majhna dimenzionalna stabilnost (plastične snovi se pogosto krivijo, krčijo in izgubljajo trdnost pri dolgotrajni obremenitvi),
- toplotna nestabilnost (ne moremo jih greti do visokih temperatur, večina plastičnih snovi je gorljiva, nekatere so celo nevarne zaradi gorljivosti),
- vonj (mnoge plastične snovi imajo izrazit in pogosto neprijeten vonj),
- težko jih popravljamo,
- cena (številne plastične snovi, posebno nove za posebne tehnične namene, so drage in je zato v mnogih primerih ekonomično le, če jih izdelujemo v velikih serijah) (Bezjak, 1997).

Polimerni materiali zaradi lažje sinteze vsebujejo katalizatorje, emulgatorje, obarjalna sredstva, trdila in pospeševala. V večini primerov polimerni materiali vsebujejo še  **dodatke**, npr. organske spojine, s katerimi izboljšamo zelo različne lastnosti:

- gladila, ki zmanjšujejo viskoznost mas,
- stabilizatorje, s katerimi preprečimo razpadanje,
- antistatike, ki zmanjšajo površinsko električno upornost,
- protivžigne dodatke, ki zmanjšujejo vnetljivost,
- barvila, ki so topna v polimernem materialu in pigmente, ki so netopni delci,
- fleksibilizatorje, ki jih dodajamo za povečevanje žilavosti,
- oprijemalna sredstva, ki vzpostavljajo molekulske mostove med anorganskimi dodatki in polimerno matrico,
- polnila, ki pocenijo plastično maso,
- ojačitve za utrditev plastične mase,
- polnila za izdelavo polimernih pen,
- tehnološke dodatke za zamreženje polimerov (Kovač, 1999).

## 1.5 POLIMERNI MATERIALI V LESARSTVU

Polimerni materiali se danes uporabljajo skorajda na vseh področjih uporabe in proizvodnje. V nadaljevanju so podani najpomembnejši polimerni materiali, ki se uporabljajo na zelo raznolikih področjih lesne industrije in v spremljajočih panogah.

### 1.5.1 Snovi, pridobljene s polimerizacijo

#### 1.5.1.1 Polietilen (PE)

**Polietilen (PE)** pridobivamo s polimerizacijo plina etena. Če postopek poteka pri nizkem tlaku, nastane polimerizat z visoko gostoto in obratno, pri visokem tlaku nastane polietilen z nizko gostoto. Polietilen je termoplastičen, zelo odporen proti kemikalijam, precej trden in elastičen. Uporabljamo ga za izdelavo posod za kemikalije, cevi, folij za zavijanje živilskih izdelkov in za drugo embalažo, v elektroindustriji, v proizvodnji vlaken ... (<http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Ucbeniki/LepilainMaterialiZaPovrsinskoObdelavo.pdf>, 22. 2. 2009).

»Polietilen se je kot material za komponente v lesnih izdelkih, pri pohištvu in za samostojne izdelke v lesarstvu relativno malo uporabljal. V zadnjem času se je kot material začel

uporabljati tudi tam, kjer smo bili tradicionalno navajeni na les, na primer pri kuhinjskih deskah za rezanje. V zadnjih letih hitro narašča uporaba kompozitnih oz. sestavljenih materialov, pri katerih kombiniramo polimerne materiale in les. Pri kompozitih polimer/les je bistvena sestavina prav polietilen. V polimerni osnovi so vmešana lesna vlakna ali lesni prah. Izdelki iz kompozitnega materiala polimer/les se vedno več uporabljajo v najrazličnejše namene, še posebej za izdelke, ki jih uporabljamo na prostem (npr. talne obloge, vrtno pohištvo ...« (Petrič, 2008, 43-44).

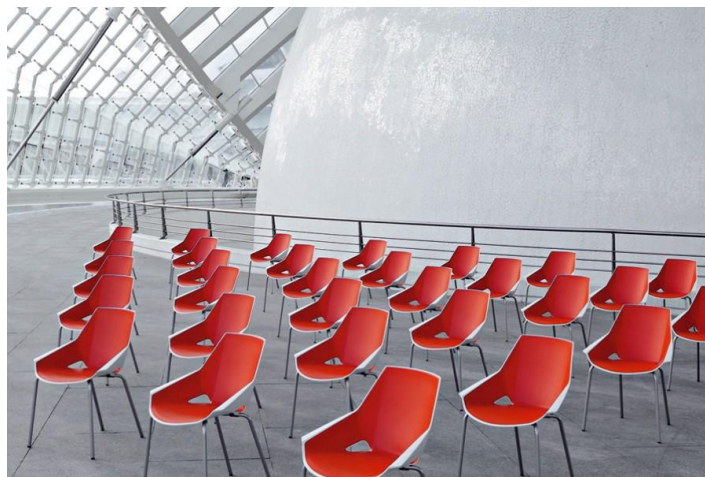


Slika 8: Lesni kompozit

Vir: <http://www.lesnikompozit.si/> (15. 4. 2011)

#### 1.5.1.2 Polipropilen

Polipropilen je po proizvodnji in uporabi na 3. mestu v svetovnem merilu. Tudi polipropilen je termoplastni polimerni material in je po svojih lastnostih precej podoben polietilenu. Prenese visoko temperaturo (tališče ima pri 160 °C). Izdelke iz polipropilena lahko uporabljamo v medicinske namene, v gospodinjstvu, pri izdelavi talnih oblog. Polipropilen je kot material zanimiv tudi zato, ker je konkurenčen lesu pri izdelavi različnega pohištva npr. stolov (Petrič, 2008).



Slika 9: Konferenčni stoli iz polipropilena

Vir: [http://www.pisarne.net/gallery/img\\_big/37/1263973046.jpg](http://www.pisarne.net/gallery/img_big/37/1263973046.jpg) (12. 4. 2011)

### 1.5.1.3 Polivinilklorid, PVC

**Polivinilklorid** je najbolj pomemben predstavnik vinilnih polimerov. Pridobivamo ga v dveh fazah. V prvi fazi iz acetilena in klorovodika proizvajamo vinilklorid, ki ga v drugi fazi polimeriziramo v polivinilklorid. Le-ta je termoplastičen, brezbarven in prozoren, obstojen proti vodi in večini kemikalij, težko gorljiv, dober električni izolator, lahko ga obdelujemo in poljubno barvamo. S spreminjanjem pogojev polimerizacije pridobivamo trdi ali mehki polivinilklorid

(<http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Ucbeniki/LepilainMaterialiZaPovrsinskoObdelavo.pdf>, 22. 2. 2009).

Polivinilklorid je pomembno polimerno gradivo, ki je amorfni termoplast. Iz etina in klorovodikove kisline pridobivajo vinilklorid, naprej s polimerizacijo pa polivinilklorid v obliki belega prahu. Dobljeni prah segrevamo nad 75 °C, da postane mehak in plastičen in ga s stiskanjem lahko oblikujejo v plošče, folije, palice ... Neobarvan PVC je rumenkast in prosojen.



Slika 10: Plastične cevi iz polivinilklorida  
Vir: [sl.wikipedia.org/wiki/Plastika](http://sl.wikipedia.org/wiki/Plastika), (12. 4. 2011)

### 1.5.1.4 Trdi PVC

»Trdi PVC uporabljamo v gradbeništvu za različne cevi, kot fasadne obloge (predvsem v ZDA in Kanadi), za lesarje pa je zelo pomemben, ker na trgu stavbnega pohištva kot material hitro izpodriva klasičen material za izdelavo oken in vrat – les, ter za izdelavo različnega drugega pohištva« (Petrič, 2008, 46).



Slika 11: Okno iz PVC  
Vir: <http://www.oknainvrata.com/> (12. 4. 2011)

### 1.5.1.5 Mehki PVC

»Če PVC dodamo mehčala, dobimo mehko polimerno maso. Mehčala so dodatki polimernim materialom, ki se v polimernem materialu vrinejo med makromolekule in zaradi tega povečajo razdalje med njimi. Posledica je, da so privlačne sile med makromolekulami manjše. Mehki PVC je pomemben material za izdelavo notranje opreme, kakor tudi za pohištveno in lesno industrijo. Uporabljamo ga za talne obloge, prte, folije za oblepljanje pohištva ter v kombinaciji s tekstilnimi vlakni za umetno usnje, ki ga uporabljamo kot material za površinsko preoblačenje oblazinjenega pohištva, ročaje pri pohištvu, tesnila pri oknih in vratih« (Petrič, 2008, 46).

### 1.5.1.6 Polivinilacetat, PVAC

**Polivinilacetat** je brezbarvna, prozorna in termoplastična snov, ki se v obliki emulzije uporablja za lepilo za porozne materiale, kot so les, papir in tekstilije (lepilo poznamo pod imenom belo lepilo). Prav tako se uporablja kot vezivo v površinskih premazih za papir, da leta dobi svetleč izgled. Polivinilacetat je pri sobni temperaturi gumast termoplastni polimerni material.

### 1.5.1.7 Polistiren (PS)

**Polistiren**, znan tudi pod imenom polistirol, je zelo razširjena sintetična masa, vnetljiva, krhka in lahka, odporna proti vodi, kislinam in lugom, topljiva v bencinu in drugih topilih. Polistiren pridobivamo s polimerizacijo stirena, ki ga pripravljamo iz benzena in etena. Pri tem nastane najprej etilbenzen, ki ga z odcepljanjem vodika pretvorimo v nenasičen stiren, ki je sposoben polimerizirati. Uporabljamo ga za izdelavo folij, embalaže in raznih predmetov, za zvočno in električno izolacijo. Plinasto obliko polistirena (pod imenom stiropor) uporabljamo predvsem kot polnilo za pakiranje pohištva, včasih pa tudi za proizvodnjo posebnih plošč (<http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Ucbeniki/LepilainMaterialiZaPovrsinskoObdelavo.pdf>, 22. 2. 2009).



Slika 12: Rozete iz polistirena

Vir: <http://www.okras-sm.si/stiro-letve/stiro-letve.htm> (12. 4. 2011)

## 1.5.2 Snovi, pridobljene s polikondenzacijo

Polikondenzati so za našo stroko zelo pomembna skupina smol.

### 1.5.2.1 Fenoplasti

Fenoplaste proizvajamo iz aromatskih alkoholov (fenola in njegovih derivatov) in formaldehida z dodajanjem različnih katalizatorjev. Spadajo v skupino duroplastov, so rumenkaste ali rdečkasto rjave barve, trdni, odporni proti vodi, organskim topilom ter odlični izolatorji. Uporabljamo jih za impregnacijo papirja pri izdelavi dekorativnih laminatov in papirnih folij, so pa tudi zelo pomembna surovina za proizvodnjo lepil in lakov. Ena najbolj znanih fenolformaldehidnih smol nosi trgovsko ime bakelit (<http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Ucbeniki/LepilainMaterialiZaPovrsinskoObdelavo.pdf>, 22. 2. 2009).

Najpomembnejši fenoplasti so:

- fenol-formaldehidne smole (FF) in
- resorcinol-formaldehidne smole (RF).

Glavni surovini za proizvodnjo **fenol-formaldehidnih smol** sta fenol in formaldehid. Pri polikondenzaciji se odceplja voda in nastanejo makromolekularne spojine z mrežasto strukturo.

**Resorcinol-formaldehidne smole** pridobivamo s polikondenzacijo formaldehida in resorcinola.

### 1.5.2.2 Aminoplasti

Aminoplasti so polimerni produkti reakcije aldehydov (najbolj pogosto fenol-formaldehida) s snovmi, ki vsebujejo amino skupine ( $-NH_2$ ). To so brezbarvne, razmeroma krhke smole, odporne proti svetlobi in povišani temperaturi, odlikujejo se kot dobri električni izolatorji.

Najpomembnejši aminoplasti so:

- urea-formaldehidne (UF) ali sečninsko-formaldehidne smole in
- melamin-formaldehidne smole (MF).

Smole so glavna surovina za proizvodnjo najpomembnejših lesarskih lepil in se uporabljajo kot sredstvo za impregnacijo papirja pri izdelavi folij in dekorativnih laminatov (<http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Ucbeniki/LepilainMaterialiZaPovrsinskoObdelavo.pdf>, 22. 2. 2009).

**Urea-formaldehidne smole (UF)** nastanejo s polikondenzacijo uree (sečnine) s formaldehidom. Pravilen potek polikondenzacije zagotavljajo ustrezno molsko razmerje, temperatura, čas in pH-vrednost. Polimerizati so brezbarvne smole, kar je dobra lastnost, saj povečuje področja njihove uporabe (za lepila je pomembno, da so brezbarvna), vendar so manj odporni proti vodi.

**Melamin-formaldehidne smole** so produkti polikondenzacije melamina in formaldehida.

Produkti so krhki, odporni proti vodi in povišani temperaturi, predstavljajo pa osnovno surovino v proizvodnji kakovostnih lepil in lakov. Uporabljamo jih tudi kot sredstvo za impregnacijo papirja v proizvodnji laminatov

(<http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Ucbeniki/LepilainMaterialiZaPovrsinskoObdelavo.pdf>, 22. 2. 2009).

### 1.5.2.3 Poliestri

»Za lesarstvo so poliestri pomembnejši polimerni material, saj jih v različnih oblikah uporabljamo kot vezivo v lesnih premazih. Nenasičene poliestre srečamo kot dvokomponentne stirenske parafinske poliesterske lake. Uporabljamo jih tudi za proizvodnjo barv in lakov, poliesterskih lepil in kitov. Nasičene poliestre uporabljamo za izdelavo različnih folij, magnetnih trakov, predvsem pa za sintetična poliestrska vlakna« (Petrič, 2008, 52).

Pri reakciji med nenasičenimi dvobaznimi kislinami (npr. maleinska kislina) in dvovalentnimi alkoholi (glikol, glicerol) nastanejo **nenasičene poliestrske smole**, ki imajo vrsto dobrih lastnosti: so duroplastične, skoraj brezbarvne, odporne proti vodi in atmosferilijam. Uporabljamo jih za proizvodnjo lepil, izravnalnih mas (poliestrski kiti) in lakov. S steklenimi vlakni ojačene poliestre (t. i. kompozite) uporabljamo za izdelavo različnih izdelkov, ki morajo biti lahki in mehansko zelo odporni (letala, jadrnice, športna oprema, ohišja različnih aparatov, sedežno pohištvo ipd.)

(<http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Ucbeniki/LepilainMaterialiZaPovrsinskoObdelavo.pdf>, 22. 2. 2009).

### 1.5.2.4 Poliamidi

Poliamidi so kot polimerni material na splošno zelo pomembni, nekoliko manj jih uporabljamo na področju lesarstva. Za sintetične poliamide (najlon, aramide) so značilne dobre mehanske lastnosti (trdnost) in visoka odpornost proti kemikalijam. V lesnih izdelkih poliamide najdemo večinoma v obliki vlaken, iz katerih so izdelani tekstilni materiali za površinsko preoblačenje oblazinjenega pohištva (volna, svila) in kot material za mehansko obremenjene elemente, kot so npr. kolesca na pisarniških stoli ali vodila predalov (Petrič, 2008).

Poliamidi nastanejo s polikondenzacijo med različnimi dvobaznimi organskimi kislinami in amini z dvema amino skupinama. Nastale smole (njihovi glavni predstavniki so najloni, ki jih je cela vrsta) so termoplastične, brez vonja, neprozorno bele barve, zelo dobrih mehanskih lastnosti (trdnost, odpornost proti udarcem). Uporabljamo jih za tekstilna vlakna, armature, posode, gospodinjske predmete itd.

(<http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Ucbeniki/LepilainMaterialiZaPovrsinskoObdelavo.pdf>, 22. 2. 2009).

## 1.5.3 Snovi, pridobljene s poliadicijo

»Poliuretani so na splošno v vsakdanjem življenju izredno pomembni polimerni materiali, prav tako so neprecenljivega pomena na področju lesarstva. Tako na področju površinske obdelave lesa trenutno prevladujejo poliuretanski lesni premazi, pomembna so poliuretanska lepila ali poliuretanske pene, ki jih največkrat uporabljamo kot polnila pri oblazinjenem pohištvu« (Petrič, 2008, 53).

**Poliuretanske smole (PUR)** so dvokomponentne spojine, ki imajo zelo različne lastnosti, kar je odvisno od uporabljenih reakcijskih komponent. Nekatere smole so duroplastične, druge pa so elastomeri. Odlikuje jih odpornost proti staranju in kemikalijam ter dobro oprijemanje na različno podlogo. Poliuretane predelujemo v mehke ali trde penaste mase, ki jih uporabljamo kot polnila (npr. v proizvodnji oblazinjenega pohištva) in kot odličen izolacijski material. Iz

njih proizvajamo tudi trdno ali elastično maso, primerno za različne izdelke (tudi pohištvo), umetno usnje in vlakna. Pomenijo pomembno surovino za proizvodnjo kakovostnih lakov in odličnih lepil

(<http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Ucbeniki/LepilainMaterialiZaPovrsinskoObdelavo.pdf>, 22. 2. 2009).

**Epoksidne smole** so produkti kombinirane reakcije polikondenzacije in poliadicije, ki poteka med epiklorhidrinom ter večvalentnimi alkoholi ali fenoli z več –OH skupinami. Molekule se prostorsko zamrežijo z dodatkom utrjevalca ali pri povišani temperaturi. Smole so zelo trdni duroplasti, obstojni v vroči vodi, odporni proti kemikalijam in obrabi. Pretežni delež epoksidnih smol uporabimo za proizvodnjo kakovostnih premaznih sredstev, predvsem za zaščito kovin. Iz njih izdelujemo tudi odlična lepila za lepljenje različnih materialov (kovin, keramike, stekla, plastičnih snovi, lesa ipd.). Trdne epokside uporabljamo v elektrotehniki, proizvodnji avtomobilov, letal, strojnih delov, v gradbeništvu ... (<http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Ucbeniki/LepilainMaterialiZaPovrsinskoObdelavo.pdf>, 22. 2. 2009).

»**Silikoni** so primer anorganskih snovi (za razliko od vseh prej naštetih, ki so organske snovi). Silikon je elastomer s toplotno stabilnostjo v širokem temperaturnem intervalu (med -100 °C in 250 °C), vodoodbojnostjo, odlično odpornostjo proti kisiku in UV-svetlobi, nizko kemijsko reaktivnostjo, nizko toksičnostjo, elastičnostjo ... Na področju lesarstva je znana uporaba silikonskih olj za konzerviranje lesenih objektov in površinskih premazov, ki vsebujejo silikone« (Petrič, 2008, 60).

#### 1.5.4 Najpogostejše oblike umetnih snovi in primeri njihove uporabe

V vsakdanjem življenju največkrat srečamo naslednje oblike:

**Polipropilen (PP)**: embalaža, ohišja električnih naprav, avtomobilski odbijači.

**Polistiren (PS)**: pena za pakiranje, embalaža, pribor za enkratno uporabo, škatle za CD-plošče in kasete.

**Polietilen (PE)**: mnogo cenениh izdelkov za vsakdanjo rabo, npr. plastične vrečke, kozarčki, itd.

**Polietilen tereftalat (PET)**: platenke za gazirane pijače, plastične posode za mikrovalovke.

**Poliester (PES)**: tekstilna vlakna.

**Poliamid (PA)** (najlon): vlakna, ščetine zobnih ščetk, ribiške vrvice.

**Polivinil klorid (PVC)**: cevi, okenski okvirji, talne obloge.






**Poliuretani (PU)**: pena za pakiranje, toplotna izolacija, površinske prevleke.

**Polikarbonat (PC)**: kompaktne plošče, očala, zaščitna stekla, semaforji.

**Polioksimetilen (POM)**: avtomobilski deli.

**Polibutilentereftalat (PBT)**

(<http://sl.wikipedia.org/wiki/Plastika>, 6. 9. 2010).

-  <http://lab.fs.uni-lj.si/lap/html/pages/si-polimerna-gradiva.htm>
-  <http://www.youtube.com/watch?v=NPLWxyIJcE>
-  <http://www.ter-plama.si/>
-  <http://ro.zrsss.si/~puncer/mase/index.htm>
-  <http://www.kii2.ntf.uni-lj.si/e-kemija/file.php/1/output/ch-polimerizacija/index.html>
-  [http://www.melamin.si/si/izdelki/les\\_pohistvo/default.html](http://www.melamin.si/si/izdelki/les_pohistvo/default.html)
-  <http://ro.zrsss.si/~puncer/mase/pvc.htm>
-  <http://sl.wikipedia.org/wiki/Recikliranje>
-  [http://www.isokon.si/isoform\\_o\\_materialu.php](http://www.isokon.si/isoform_o_materialu.php)
-  [http://www.novolit.si/slo/o\\_eps.html](http://www.novolit.si/slo/o_eps.html)

### Vprašanja za ponovitev

- Razložite pojem »polimerni materiali«.
- Primerjajte reakcijske procese, s katerimi pridobivamo polimerne materiale.
- Analizirajte razlike med termoplasti, duroplasti in elastomeri.
- Primerjajte prednosti in pomanjkljivosti polimernih materialov.
- Razložite vzroke visoke uporabe polimernih materialov.
- Razmislite o možnostih uporabe sintetičnih materialov pri oblikovanju in uporabi izdelkov.

## 2 LEPILA

*Vsebina poglavja:*

- Osnove lepljenja
- Razvrščanje lepil
- Lepila na osnovi naravnih surovin
- Sintetična lepila

*V poglavju boste:*

- spoznali osnovne pogoje za kvalitetno lepljenje,
- spoznali lepila in njihove lastnosti,
- razumeli pomembnost oblikovanja lepilnih spojev,
- razumeli načine utrjevanja lepil,
- primerjali vpliv lepilnih dodatkov in dejavnikov na kvaliteto lepljenja,
- analizirali kvaliteto lepilnega spoja za različno pripravljena lepila.

»Zgodovinska odkritja dokazujejo, da so različna lepila poznale že najstarejše civilizacije. Kot prva veziva so prišli v poštev le nepredelani materiali: ilovica, voski, smola idr., pozneje pa so se ljudje naučili uporabljati tudi lepilne snovi iz krvi, jajc, rib, mleka, kož in kosti. Lepila iz sintetičnih smol (najprej fenolnih) so začeli uporabljati leta 1929, danes pa je njihova proizvodnja zelo razvita in prilagojena posebnim zahtevam uporabnikov« (<http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Ucbeniki/LepilainMaterialiZaPovrsinskoObdelavo.pdf>, 22. 2. 2009).

**Lepljenje** je ena izmed možnosti spajanja materialov, ki je človeštvu znana že tisočletja. Iz grške mitologije je znan Ikar, ki je ušel iz labirinta Krete s pomočjo kril, zlepljenih z voskom. To je prva znana uporaba talilnega lepila, ki se je razvila do široke komercialne uporabnosti šele v zadnjih nekaj desetletjih. Pred skoraj 4000 leti so pri izdelavi Knososove palače na Kreti uporabili lepilo kot vezivo za stenske barve. Carving je pred več kot 3300 leti opisal lepljenje furnirja v Tebah. Znano je, da so Egipčani uporabljali kot vezivo gumiarabicum, jajca drevesne smole ... Kljub vsemu je bil razvoj lepil izredno počasen vse do 20. stoletja. Z razvojem kemije je bilo vse več novih materialov, ki jih je bilo potrebno lepiti, hkrati pa se je povečevalo število snovi, uporabnih za lepila.

Danes poznamo široko paleto lepil, njihova proizvodnja in poraba pa je velika. Sprva je bilo lepljenje le alternativa drugim možnostim vezave, danes pa se je razvilo v samostojen, specialen, dostikrat boljši ali celo edini uporaben način vezave. Mnoge tehnične težave in racionalizacije je moč gospodarno in tehnično rešiti le s pomočjo lepil oz. z različnimi načini uporabe le-teh (<http://www.lepljenje.si/>, 15. 4. 2011).

**Lepila (vezivna sredstva)** so nekovinske snovi, ki brez mehanskih vezi trajno vežejo lepljenca, zaradi površinskega zlepljenja in notranjih sil (adhezija, kohezija).

Lepila, ki se uporabljajo v lesni industriji, morajo imeti predvsem naslednje lastnosti:

- ustrezno vezivno trdnost,
- različne hitrosti vezanja za različne namene uporabe,
- da so kemijsko čim bolj nevtralna in da ne povzročajo sprememb barve na lesu,
- da so po utrjevanju zadosti elastična,
- da se lahko prilagodijo delovanju lesa,
- da čim manj obrabljajo obdelovalno orodje,
- da imajo čim daljši čas mešanice (pot life),
- da so čim bolj enostavna za uporabo, ekonomična in da jim je mogoče dodajati različne primesi za pocenitev, proti prebijanju, za obarvanje,
- da imajo čim daljšo dobo skladiščenja,
- da so zdravju neškodljiva, tako med lepljenjem kot tudi pri uporabi lepljencev,
- da v posameznem primeru izpolnjujejo posebne zahteve, kot so: odpornost proti vlagi in vodi, proti toploti, mrazu, staranju, odpornost proti določenim kemikalijam,
- da imajo glede na področje uporabe različne odprte in zaprte čase,
- da so enostavna za pripravo in uporabo (Resnik, 1997).

## 2.1 OSNOVE LEPLJENJA

Lepljenje ima kar nekaj prednosti v primerjavi z ostalimi načini spajanja (<http://www.lepljenje.si/>, 15. 4. 2011):

- porazdelitev obremenitve po večji površini ,
- možnost spajanja enakih in različnih materialov ,

- možnost spajanja zelo tankih in lomljivih materialov,
- spajanje materialov vseh oblik in velikosti ,
- dostikrat cenejši način spajanja od alternativnih načinov spajanja,
- dostikrat manjša teža spoja.

Vse te prednosti, ki jih nudi lepljenje, je moč izkoristiti le, če pravilno konstruiramo spoj, izberemo pravo lepilo, izberemo pravo tehnologijo lepljenja, ustrezno pripravimo površine, pravilno pripravimo in uporabimo lepilo.

Poleg prednosti lepljenja moramo poznati tudi njegove slabe strani: zahteva skrbno izbiro lepila, ki daje spoj zahtevanih lastnosti, zahteva pozornost pri pripravi in čiščenju površin, včasih zahteva uporabo posebne temperature ali pritiska ali relativno dolgega časa utrjevanja, v času utrjevanja zahteva dodatno fiksiranje spoja, običajno zahteva strogo procesno kontrolo.

Lepljenje je spajanje (vezanje) lepljencev (predmetov, ki jih želimo zlepiti) v celoto in temelji na postopnem utrjevanju tekočega lepila. Najpomembnejši fizikalni in kemični pojavi, s katerimi pojasnjujemo vezanje – lepljenje, so:

- omakalnost in površinska napetost,
- adhezija,
- kohezija,
- koloidne lastnosti lepil,
- vezivne reakcije.

(<http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Ucbeniki/LepilainMaterialiZaPovrsinskoObdelavo.pdf>, 22. 2.2 009).

### **2.1.1 Površinska napetost in omakalnost**

Za doseg maksimalne vezivne trdnosti pri lepljenju lesa je zelo pomembna sposobnost omočitve lepila. Tekočine, ki zelo dobro omočijo površine lepljencev, so npr. voda, alkohol, aceton in druge. Vezivno sredstvo lahko dobro omoči površino lepljenca, če je površinska napetost lepila manjša kot površinska napetost lepljenca. Za doseg maksimalne površinske napetosti in omakalnosti je potrebno upoštevati (Božičko, 2002):

- gladkost obdelovalnih površin,
- čistost lepilnih površin (masti, olja, prah ...),
- volumsko težo (gostoto) lepljencev,
- pH-vrednost,
- ravnovesno vlažnost obdelovancev,
- obliko spoja.

### **2.1.2 Adhezija**

Lepljenje temelji na adsorpciji (kopičenju ene snovi na površini druge) lepila na podlago z medmolekulskimi privlačnimi silami, ki jih delimo na adhezijske in kohezijske. Adhezija je rezultat delovanja vseh privlačnih sil, ki se pojavijo med molekulami različnih snovi, tj. na mejnih ploskvah med lepilom in lesom

(<http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Ucbeniki/LepilainMaterialiZaPovrsinskoObdelavo.pdf>, 22. 2. 2009).

### 2.1.3 Kohezija

S kohezijo označujemo medmolekularne privlačne sile, ki povezujejo molekule iste snovi. Kohezija je velika le pri trdnih telesih, pri tekočinah veliko manjša, pri plinih pa o njej skoraj ne moremo govoriti. Maksimalno trdnost (trdnost je najpomembnejša lastnost lepila) doseže lepilo, ko se dokončno utrdi, zato moramo vedno upoštevati predvideni čas utrjevanja. Ob upoštevanju vseh pogojev lepljenja mora lepilo prenašati večje napetosti kot les, saj so kohezijske sile lepila večje od tistih v lesu. Dober je le tisti lepilni spoj, ki ne popusti, ko se les pri obremenitvi lomi, kar dokazujemo z meritvami na trgalnem stroju (<http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Ucbeniki/LepilainMaterialiZaPovrsinskoObdelavo.pdf>, 22. 2. 2009).

### 2.1.4 Utrjevanje lepil

Lepila so koloidne disperzije, ki jih pripravimo na razne načine. Pri lesarskih lepilih je disperzno sredstvo praviloma voda (kar je cenovno in ekološko ugodno) ali pa, redkeje, neko organsko topilo. Dispergirane snovi so visokomolekularne snovi (naravne ali sintetične smole in razni dodatki) (<http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Ucbeniki/LepilainMaterialiZaPovrsinskoObdelavo.pdf>, 22. 2. 2009).

»Utrjevanje lepil je zelo kompleksen postopek in je sestavljen iz več faz: lepilo se med utrjevanjem spremeni iz gel v trdo stanje, pogoj za prehod v trdo stanje so reagenti, temperatura, tlak in čas; postopek utrjevanja lahko poteka zaradi oddaje disperzijskega sredstva, ohlajevanja, koagulacije ali kemijske reakcije in ob kombiniranem delovanju dveh ali več omenjenih oblik.

Vežanje lepila se prične, ko tega enakomerno naneseemo na lepilne površine. Veživne reakcije so povezane s preходом veživnega sredstva iz sol v gel stanje. Na ta pojav vpliva sprememba temperature, oddajanje disperzijskega sredstva in kemijska reakcija v lepilnem filmu« (Božičko, 2002, 58).

### 2.1.5 Dodatki lepilom

Lastnosti lepil in s tem tudi lepilnega spoja lahko izboljšujemo oziroma uravnavamo z različnimi snovmi (Resnik, 1997):

- **Trdilci** so ena od komponent pri dvokomponentnih sistemih oziroma dodatek, ki sproži kemijsko reakcijo.
- **Zamreževalci** so substance, ki z oblikovanjem intermolekulskih mostov povežejo verižne molekule in reaktivne molekulske skupine iz dvodimenzionalnih v tridimenzionalne strukture.
- **Pospeševalci in katalizatorji** so snovi, ki reakcijo omogočijo oziroma jo pospešijo in znižajo energijo aktivacije.
- **Mehčalci** so snovi z nizko molekulske maso, ki se razporedijo med večje molekule polimerov in tako omogočijo njihovo gibljivost. Ker lahko negativno vplivajo na staranje, oprijem in polzenje, ob neugodnih klimatskih pogojih pa izhajajo iz filma, mora biti njihov dodatek natančno določen.

- Kot **smole** so mišljeni tisti dodatki, s katerimi želimo izboljšati določene lastnosti lepila (npr. lepilnost in/ali oprijemnost).
- **Polnila** dodajamo lepilom z namenom, da bi izboljšali njihove lastnosti, medtem ko dodajamo »povečevalce volumna«, da bi lepilo pocenilo. Namen dodajanja polnil je lahko razširitev temperaturnega obsega priprave in uporabe lepila, zmanjšanje krčenja lepilnega sloja, doseganje posebnih lastnosti lepila ali dodajanje polnilne mase z lepilnimi lastnostmi. Možni pomanjkljivosti dodatka polnil sta lahko upočasnitev lepilne reakcije in povečana debelina filma.
- Namen dodajanja **stabilizatorjev** je preprečevanje nezaželene in predčasne reakcije ter zaščita polimerov pred razgradnjo. Namen je tudi preprečitev staranja polimerov, ki vsebujejo prabitne monomere z dvojnimi vezmi, pod vplivom toplote in kislin. Poseben pomen pa ima skupina »antioksidantov«, ki ima cilj preprečiti oksidacijsko razgradnjo polimerov.
- Namen dodajanja **povečevalcev oprijemnosti** je povečanje fizikalnih in medmolekulskih oprijemnih sil. Nanašajo se ločeno ali pa se dodajajo v lepilo. Povečujejo trdnost lepljenja.
- **Temelji** zaščitijo ustrezno pripravljeno lepilno površino. Temelji so največkrat razredčene raztopine lepilnih substanc, ki jih nanašamo z valjem ali s potapljanjem.
- **Razredčila** so topila ali disperzijska sredstva, s katerimi vplivamo na viskoznost in koncentracijo lepil.
- **Povečevalci** volumna so nehlapne, samolepilne snovi, katerih dodajanje ima namen zmanjšati porabo lepila. Najpogosteje so to snovi, ki vsebujejo škrob, kot so npr. ržena, krompirjeva in sojina moka.
- **Barvila** dodajamo lepilom z namenom spremembe barve lepila oziroma lepilnega sloja. V ta namen uporabljajo predvsem anilinska in pigmentna barvila.
- **Hidrofobna sredstva** dodajajo predvsem pri lepljenju vlaknenih in ivernih plošč in imajo namen zmanjšati vpijanje vode lesnih vlaken.
- **Penilna sredstva** povečujejo volumen lepila, kar pomeni zmanjšanje njegove porabe in zmanjšanje stroškov lepljenja.

## 2.2 RAZVRŠČANJE LEPIL

»Lepila razvrščamo po izvoru in kemijski sestavi v dve skupini: naravna in sintetična. Prva so koloidne disperzije modificiranih naravnih makromolekul, ki že obstajajo v naravi. Druga so koloidne raztopine visokomolekularnih sintetičnih smol, ki jih proizvajamo s kemijskimi procesi« (Božičko, 2002, 53).

Številna lepila, ki jih uporabljamo v lesarstvu, razvrščamo še na več načinov.

**Po namenu uporabe razlikujemo:**

- lepila za montažna lepljenja,
- lepila za slojna lepljenja in furniranje,
- lepila za lepljenje iverja in vlaken,
- lepila za konstrukcijska lepljenja.

**Po načinu utrjevanja ločimo:**

- lepila, ki se utrjujejo zaradi fizikalnih reakcij (naravna, polivinilacetatna, neoprenska, talilna),
- lepila, ki se utrjujejo zaradi kemičnih reakcij (poliuretanska, epoksidna),
- lepila, ki se utrjujejo zaradi fizikalno-kemičnih reakcij (polikondenzacijska).

**Po načinu pridobivanja (glede na surovinsko osnovo) razlikujemo:**

- naravna lepila,
- sintetična lepila.

## 2.3 LEPILA NA OSNOVI NARAVNIH SUROVIN

Naravna lepila so izdelana iz naravnih surovin rastlinskega ali živalskega izvora.

### 2.3.1 Lepila rastlinskega izvora

Za lepljenje lesa nimajo večjega pomena. V poštev pridejo le **škrobna lepila**, ki so jih razvili v začetku 20. stol. v ZDA. Razen škroba, rastlinskega polisaharida, pridobljenega s predelavo žitaric in gomoljik, lepila vsebujejo tudi konzervanse. Vezivna reakcija steče zaradi dodatka kavstične sode in dovajanja toplote. Lepila so poceni, vendar imajo vrsto slabih lastnosti (so visokoviskozna in se težko nanašajo, zahtevajo zelo nizko ravnovesno vlažnost lepljencev, nekatere drevesne vrste se lisasto obarvajo ipd.). Celulozna lepila in lepila iz naravne gume dajejo precej trdne spoje, vendar so za uporabo v lesni industriji nepraktična (<http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Ucbeniki/LepilainMaterialiZaPovrsinskoObdelavo.pdf>, 22. 2. 2009).

### 2.3.2 Lepila živalskega izvora

Lepila živalskega izvora (proteinska lepila) imajo dolgo zgodovino, nekatera pa še vedno uporabljamo za posebna lepljenja v lesarstvu.

### 2.3.2.1 Glutinska lepila

Glutinska lepila spadajo med najbolj znana naravna lepila. Pridobivamo jih iz vlaknatih proteinov (beljakovin) – kolagenov, ki jih vsebujejo živalske kože, kite in kosti. Predelava osnovnih surovin je zelo zapletena, kolagen pa se v procesu predelave ob povišani temperaturi in tlaku razgradi v glutin.

Glutinska lepila prihajajo na trg pod imenom **kožni in kostni klej** v obliki ploščic, zrnč ali praška. Med kožnim in kostnim klejem ni večjih razlik.

Čisti glutin je brezbarven, v hladni vodi nabreka in prehaja v želatinozno obliko. S segrevanjem na 70 do 80 °C se topi in prehaja v koloidno raztopino. Postopek utrjevanja glutinskih lepil je fizikalen. Predhodno segreto in utekočinjeno lepilo se ohlaja, velik del disperzijskega sredstva (vode) pa difundira. Dobro vezivno trdnost dosežemo, če je lepljenec segret na temperaturo od 20 do 30 °C, ravnovesna vlažnost pa ne sme presegati 15 %. Proces prehajanja lepila iz sol v gel in trdo stanje je reverzibilen. Viskoznost lepila je odvisna od koncentracije in temperature disperzije ter vsebine glutina.

Lepilo pripravimo tako, da klej najprej namakamo v hladni vodi, da nabrekne. Čas namakanja je odvisen od stopnje granulacije (velikosti ploščic ali zrnč) in traja od 20 minut do nekaj ur (ploščice nabrekajo 24 ur). Raztapljanje lepila opravimo na temperaturi 60 do 70 °C. Najprimernejše so posode z dvojnimi dnovi, ko lepilo talimo na parni kopeli. Tako najlažje reguliramo temperaturo, saj se pri višjih temperaturah glutin razgradi. Lastnosti lepila lahko spreminjamo z različnimi dodatki (kisline in soli znižujejo temperaturo utrjevanja, vendar podaljšajo čas vezanja). Poraba lepila je 250 do 350 g/m<sup>2</sup>.

Glutinska lepila nanašamo na lepilno površino toplo in enostransko (ročno ali strojno). Plak stiskanja je nizek (2 do 7 barov), čas stiskanja pa 1 do 2 uri. Največjo vezivno trdnost doseže spoj po nekaj dneh. Z upoštevanjem pogojev lepljenja postanejo opazne vse dobre lastnosti.

Prednosti glutinskih lepil so:

- enostavna priprava in uporaba,
- dobra vezivna trdnost,
- elastični spoji ne poškodujejo rezil,
- zdravju so neškodljiva.

Pomanjkljivosti:

- spoji so termoplastični,
- neodpornost proti vodi,
- dolg čas vezanja,
- slaba odpornost proti bakterijam, glivam in insektom.

Klej je dolga leta bil osnovno montažno lepilo v proizvodnji pohištva. Zaradi kakovostnega lepilnega spoja, nizke cene in ugodnih ekoloških lastnosti, se glutinska lepila ponovno uveljavljajo, predvsem za zahtevna montažna lepljenja v proizvodnji sedežnega pohištva (<http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Ucbeniki/LepilainMaterialiZaPovrsinskoObdelavo.pdf>, 22. 2. 2009).

### 2.3.2.2 Kazeinsko lepilo

Kazeinsko lepilo je eno najstarejših lepil, saj je uporabno za vse vrste lepljenj. Dolga leta je bilo edino primerno lepilo za velike obremenitve; zato so ga uporabljali pri izdelavi letal in lepljenih nosilcev. Lepilo proizvajamo iz kazeina – visokomolekularne beljakovine, ki jo

najdemo v mleku. Ima dobre lastnosti (relativno je odporno proti vlagi in je enostavno za uporabo), vendar danes nima večjega pomena (<http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Ucbeniki/LepilainMaterialiZaPovrsinskoObdelavo.pdf>, 22. 2. 2009).

### 2.3.2.3 Krvnoalbuminsko lepilo

Krvnoalbuminsko lepilo proizvajamo iz živalske krvi, zato ima temno barvo. Lepilo daje močne in elastične spoje in je odporno proti vroči vodi. Še danes ga ponekod uporabljajo v proizvodnji vezanih plošč. Slabost je temna barva lepila.

## 2.4 SINTETIČNA LEPILA

Sintetična lepila so zelo številna in jih danes pretežno uporabljamo v lesni industriji. Osnovna surovina za ta lepila so proizvodi petrokemije, naravni plin in zrak (Resnik, 1997).

Prvič so sintetično lepilo uporabili leta 1910 v čevljarški industriji, v drugi polovici 20. stoletja pa so tudi v lesni industriji tovrstna lepila izpodrinila vsa tradicionalna lepila na osnovi naravnih surovin. Sintetična lepila najpogosteje sistematičujemo po načinu pridobivanja osnovne smole, ki daje lepilu temeljne lastnosti (<http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Ucbeniki/LepilainMaterialiZaPovrsinskoObdelavo.pdf>, 22. 2. 2009).

### 2.4.1 Polimerizacijska lepila

V skupino polimerizacijskih lepil spadajo:

- polivinilacetatna lepila,
- lepila iz sintetičnega kavčuka,
- polivinilalkoholno lepilo,
- polivinilkloridno lepilo,
- poliakrilatno lepilo.

Osnovne surovine za proizvodnjo polimerizacijskih lepil so različne polimerizacijske ali kopolimerizacijske smole, ki so dispergirane v vodi ali topilu. Polimerizati so končni produkti in jih naknadno ne moremo več polimerizirati, zato imajo dolgo življenjsko dobo in so odporni proti staranju. Praviloma so polimerizacijska lepila že pripravljena in predstavljajo enokomponentni sistem. Imajo termoplastične lastnosti, kar pomeni, da se pri povišani temperaturi zmečajo in ponovno strdijo pri ohlajanju. V vodi nabrekajo, zato so polimerizacijska lepila omejeno odporna proti vodi. Pri izbiri lepila upoštevamo (in po potrebi kontroliramo) tehnične podatke proizvajalca: viskoznost, % suhega ostanka, pH, kredno točko, trdnost spoja idr.

V normalnih pogojih lepljenja ostane plast lepila le kratek čas mlečno bele barve, saj takoj po nanosu začne lepilna disperzija difundirati v les. Skupaj z vodo v les prodirajo tudi molekule polimera, ki se delno zasidrajo v lumnih celic, hkrati pa nastanejo pri dotiku s celulozo lesa vezi med reaktivnimi skupinami celuloze in polimera (<http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Ucbeniki/LepilainMaterialiZaPovrsinskoObdelavo.pdf>, 22. 2. 2009).

### 2.4.1.1 Polivinilacetatna lepila (PVA) lepila

Polivinilacetatna lepila sodijo v skupino termoplastih sintetičnih lepil. Prva zabeležena informacija v zvezi s temi lepili je patent za izdelavo vinilacetata v Nemčiji 1912, kot komercialni izdelek je bil polivinilacetat poznan že 1930. Močan razvoj proizvodov na temelju polimerizacije je zabežen med 2. svetovno vojno na področju barvil, lepil in različnih termoplastnih materialov. Prednosti PVA-lepil so predvsem v tem, da so primerna za hladna, topla in vroča lepljenja. So enostavna za pripravo, izteklo lepilo pri lepljenju lahko očistimo z vodo ali organskimi topili, dajejo pa trde in elastične spoje (Resnik, 1997).

Polivinilacetatna lepila (v praksi popularno imenovana "hladna" ali "bela" lepila) so univerzalna lepila z zelo širokim področjem uporabe. Na trg prihaja široka paleta PVA-lepil, ki so prilagojena različnim namenom in zahtevam lepljenja. Imajo specifične lastnosti, saj vsebujejo ustrezne dodatke in imajo različno viskoznost. Iz proizvodnega programa proizvajalcev izberemo lepilo, ki ustreza našim zahtevam, vse podrobnosti o sestavi lepila, vsebnosti suhe snovi, viskoznosti ipd. poiščemo v informacijah o proizvodu, ki so priložene lepilu.

Polivinilacetatna lepila so mlečno bele vodne disperzije. Praviloma se utrjujejo fizikalno, tj. z oddajanjem disperzijskega sredstva. Ob upoštevanju normalnih pogojev skladiščenja imajo lepila dolgo življenjsko dobo – najmanj 12 mesecev.

#### Priprava lepila

Polivinilacetatna lepila prihajajo na trg že pripravljena. Pred uporabo jih le dobro premešamo (homogeniziramo), po potrebi pa dodamo 5 do 10 % vode. Pri tem moramo biti zelo previdni, saj že majhna količina vode disperzijo močno razredči. Posebnim lepilom, ki so odporni proti vodi, pred uporabo umešamo predpisano količino utrjevalca.

#### Lastnosti lepila

Lepilo nanašamo enostransko, ročno ali strojno, od 120 do 200 g/m<sup>2</sup>. Površina obdelovanca mora biti ravna in gladka, očiščena prahu, maščob in druge umazanije. Priporočljiva vlažnost lesa je 5 do 12 %. Lepilo je primerno za hladna, topla in vroča lepljenja. Odvisno od pogojev lepljenja traja čas stiskanja od nekaj minut (1 do 2 minuti pri vročem lepljenju) do 2 uri (pri hladnem lepljenju), tlak pa se giblje od 2 do 15 barov

(<http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Ucbeniki/LepilainMaterialiZaPovrsinskoObdelavo.pdf>, 22. 2. 2009).

Za lepljenje trdih lesov morajo PVA-lepila imeti več suhe snovi, za izboljšanje penetracije pri lepljenju smolnatih in oljnatih lesov pa jim je potrebno dodati sredstva za močenje ali topila.

Lepilo ne sme zmrzniti (Resnik, 1997).

#### Prednosti:

- enostavna priprava,
- lepilni spoji so dovolj trdi in elastični,
- ne obrabljajo delovnega orodja,
- dolg uporabnostni čas (1 leto),
- odvečno lepilo lahko očistimo z vodo,
- primernost za hladna in vroča lepljenja,
- odpornost proti mikroorganizmom.

**Pomanjkljivosti:**

- lepilo je termoplastično, lepila se lahko omehčajo pri 60 do 120 °C,
- zaradi termoplastičnosti pomeni že daljša izpostavljenost spoja temperaturi 40 °C njegovo delno omehčanje,
- spoji v vodi nabrekajo, neodporni so proti kislinam, lugom in določenim topilom,
- lepila so kislila in obarvajo nekatere lesove.

Polivinilacetatna lepila v lesni industriji in obrti uporabljamo za različna montažna lepljenja, za dolžinska, širinska in debelinska lepljenja (lamelirane plošče, profili), za ploskovna (furnir, laminati, folije) in robna lepljenja ("post"- in "softforming"). To so vsestransko uporabna lepila, saj poleg lesa lepijo tudi usnje, porcelan, sintetične mase, tekstil, papir ipd. (<http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Ucbeniki/LepilainMaterialiZaPovrsinskoObdelavo.pdf>, 22. 2. 2009).

## 2.4.1.2 Lepila iz sintetičnega kavčuka

Ob naravnem kavčuku so v preteklih letih razvili umetne kavčuke, ki imajo v primerjavi z naravnim predvsem enakomernejšo kvaliteto in uporabno pestrost. Lepila iz sintetičnega kavčuka so primerna tudi za lepljenje steka, plastičnih mas idr. Zaradi teh lastnosti in visoke cene jih v lesni industriji uporabljajo za posebej zahtevna lepljenja različnih materialov med sabo (Resnik, 1997).

V lesni industriji so najbolj cenjena **neoprenska** ali **kontaktna** lepila, pridobljena iz, umetnega kavčuka – neoprena, ki se dobro topi v organskih topilih

**Lastnosti lepila, uporaba**

Lepilo prihaja na trg praviloma že pripravljeno, na lepilne površine pa ga nanašamo (s čopičem ali glavnikom) **obojestransko**. Lepljenca združimo, ko topilo skoraj v celoti izhlapi in sta lepilna filma suha na dotik. Čas stiskanja je razmeroma kratek, potreben tlak pa visok, a kratek, zato zadostuje udarec s kladivom iz trde gume.

**Prednosti:**

- enostavna in vsestranska uporaba,
- spoji so zadovoljivo trdni in elastični,
- ne poškodujejo rezil.

**Pomanjkljivosti:**

- lepilo je termoplastično,
- zaradi izhlapevanja topila je zdravju škodljivo,
- obstaja nevarnost eksplozij.

Neoprenska lepila so primerna za lepljenje sintetičnih mas, kovin, stekla in gume. Zaradi razmeroma visoke cene jih v lesni industriji uporabljamo le za bolj zahtevna lepljenja različnih materialov na les

(<http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Ucbeniki/LepilainMaterialiZaPovrsinskoObdelavo.pdf>, 22. 2. 2009).

### 2.4.1.3 Polivinilalkoholna lepila

Glede na molekulsko maso je polimer polivinialkohola bolj ali manj visoko viskozna tekočina. Uporablja se predvsem za lepljenje materialov, ki vsebujejo celulozo (papir in podobnih celuloznih materialov). Poleg drugega se uporablja tudi kot zaščitni koloid za stabiliziranje in povečanje hitrosti vezanja disperzijskih lepil.

Utrjevanje polivinilalkoholnega lepila poteka od oddajanja disperznega sredstva, zato je potrebno zagotoviti njegov prost izhod ali penetracijo. Lepilo je topno v vodi, daje pa brezbarvne lepilne spoje (Resnik, 1997).

### 2.4.1.4 Poliakrilatna lepila

Poliakrilati so produkti polimerizacije estrov akrilne kisline. Poliakrilatna lepila dajejo kvalitetne in elastične spoje. Uporabljajo se v obliki raztopin in koloidnih disperzij v vodi.

So draga, tako da je njihova uporaba za lepljenje lesa neznatna. Dodajajo jih glutinskim in rastlinskim lepilom za izboljšanje njihovih lastnosti (Resnik, 1997).

## 2.4.2 Polikondenzacijska lepila

Polikondenzacijska lepila imajo v lesarstvu veliko večji pomen od skupine termoplastičnih disperzijskih lepil, ker jih lahko uporabimo povsod tam, kjer je lepilni spoj izpostavljen večjim obremenitvam ali povišani temperaturi. Imajo duroplastične lastnosti, nekatera pa so odporna celo proti kuhanju v vodi in tropski klimi. Na trg prihajajo v tekoči in prašni obliki, nekatera pa tudi v obliki lepilnih filmov. Tekoče lepilo vsebuje smole v rezol stanju, ki (čeprav zelo počasi) polikondenzirajo tudi v normalnih pogojih, zato je čas skladiščenja lepil omejen. Vsa polikondenzacijska lepila so termoaktivna, kar pomeni, da se smola pod vplivom povišane temperature hitro utrdi, tj. prehaja v rezitol in rezit stanje. Termoaktivnost lepil izkoriščamo pri toplem in vročem lepljenju, ko s povišanjem temperature zelo skrajšamo čas lepljenja

(<http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Ucbeniki/LepilainMaterialiZaPovrsinskoObdelavo.pdf>, 22. 2. 2009).

Večina polikondenzacijskih lepil predstavlja dvokomponentni sistem. Ena komponenta je lepilna disperzija, druga pa določena količina katalizatorja, zato jih moramo neposredno pred uporabo pripraviti v posebnem oddelku.

V skupino polikondenzacijskih lepil spadajo:

- urea-formaldehidna lepila,
- melamin-formaldehidna lepila,
- fenol- formaldehidna lepila,
- resorcinol-formaldehidna lepila.

### 2.4.2.1 Urea-formaldehidna lepila (UF-lepila)

Urea-formaldehidna (sečninsko-formaldehidna ali karbamidna) lepila so najpomembnejša skupina sintetičnih lepil, ki jih uporabljamo v proizvodnji plošč, za furniranje in kaširanje. Lepilo prihaja na tržišče v prašnati obliki ali kot vodna disperzija mlečno bele do svetlo rjave barve.

Urea-formaldehidna lepila izdelujemo s polikondenzacijo uree (sečnine, karbamida) in formaldehida v vodni raztopini s skrbno nastavitvijo molarne razmerja med ureo in formaldehidom, temperature, časa in pH-vrednosti

(<http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Ucbeniki/LepilainMaterialiZaPovrsinskoObdelavo.pdf>, 22. 2. 2009).

Pri izdelavi lepil proces ustavijo s spremembo pH-vrednosti in temperature, ko je lepilo še topljivo v vodi in ko je dosežena ustrezna viskoznost. Običajno je to nevtralizacija z lugom na pH 7,5 do 8. Življenjska doba takšne raztopine je zaradi zapoznele kondenzacije omejena na 1 do 3 mesece. Da bi podaljšali življenjsko dobo v obliki disperzije izdelane UF-smole, le-to posušijo. UF-smola v prašnatem stanju pa ima življenjsko dobo preko enega leta, če so zagotovljeni ustrezni pogoji skladiščenja.

Utrjevanje UF-lepil je kemijski in fizikalni proces. Kemijski proces je nadaljevanje pri izdelavi lepila zaustavljene reakcije polikondenzacije, fizikalni pa je oddajanje disperznega sredstva in pri reakciji nastale vode.

Proces utrjevanja oziroma kondenzacijo sproži sprememba pH-vrednosti, povzroči jo dodatek utrjevalca, ki je ali kislina ali pa ob mešanju z ureo sprošča kisline. Za lepljenje pri nižjih temperaturah so potrebni agresivnejši utrjevalci (Resnik, 1997).

Pri UF-lepilih lahko proces utrjevanja poteka v vročem ali hladnem postopku lepljenja.

#### Lastnosti lepila, uporaba

Urea-formaldehidne smole, kot tudi utrjevalci zanje, so v obliki disperzij ali praškov. Čas skladiščenja disperzij je okoli tri mesece, prahu pa eno leto pri temperaturah pod 18 °C.

Pri pripravi lepil in pri lepljenju se sprošča formaldehid, zato je potrebno zagotoviti ustrezna zaščitna sredstva (Resnik, 1997).

Na rezultate lepljenja odločilno vpliva vlaga lesa, ki naj znaša 6 do 10 %. Prevlažen les ovira pronicanje vode v les, lepilo se počasneje utrjuje, čas stiskanja pa podaljšuje. Lahko se pojavijo mehurji, saj se pri vročem stiskanju voda upari. Presuh les vpije preveč lepila in adhezijske sile niso optimalne

(<http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Ucbeniki/LepilainMaterialiZaPovrsinskoObdelavo.pdf>, 22. 2. 2009).

Urea-formaldehidna lepila uporabljamo za lepljenje stavbnega pohištva, za furniranje, v proizvodnji vezanih, vlaknenih in ivernih plošč ter za razna montažna lepljenja.

Odpornost proti vlagi, odpornost proti vroči vodi in tropski klimi izboljšamo z dodajanjem kvalitetnejših smol.

#### Prednosti:

- lepilni spoji so brezbarvni,
- dajejo trdne lepilne spoje,
- razmeroma so poceni,
- dobro se mešajo z drugimi lepili in dodatki,

- omogočajo lepljenje po hladnem, toplem in vročem postopku,
- ne povzročajo madežev na lesu,
- odporna so proti glivam in insektom,
- pri lepljenju vnašamo v lepilni spoj razmeroma malo vode.

**Pomanjkljivosti:**

- niso dovolj odporna proti vodi in tropski klimi,
- sproščajo formaldehid in so v običajni mešanici zdravju škodljiva,
- po preboju utrjenega lepila ni mogoče odstraniti,
- so trda in obrabljajo obdelovalna rezila in orodja,
- imajo razmeroma kratek uporabnostni čas.

#### 2.4.2.2 Melamin formaldehidna lepila (MF-lepila)

Melamin-formaldehidna lepila uvrščamo (zaradi vsebnosti reaktivne amino skupine  $-NH_2$ ), skupaj z urea-formaldehidnimi v skupino aminoplastov. Obe skupini lepil imajo določene skupne lastnosti, vendar so melamin-formaldehidna lepila zaradi nekaterih specifičnosti kakovostnejša in zato dražja. Osnovna sestavina MF-lepil je heterociklična dušikova spojina – melamin

<http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Ucbeniki/LepilainMaterialiZaPovrsinskoObdelavo.pdf>, 22. 2. 2009).

Utrjevanje MF-lepil je nadaljevanje pri izdelavi lepila prekinjene reakcije kondenzacije. Reakcijo sproži sprememba pH-vrednosti z dovajanjem toplote ali brez nje. Vroče lepljenje je mogoče tudi brez utrjevalcev, običajna temperatura lepljenja pa znaša  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Uporabljajo se kisli utrjevalci. Utrjevanje MF-lepil sestavlja kemijski in fizikalni del.

**Lastnosti lepila, uporaba**

Melamin-formaldehidna lepila so kvalitetna, njihova največja pomanjkljivost je visoka cena. Zaradi tega se v čisti obliki uporabljajo za najzahtevnejša lepljenja, sicer pa jih mešajo z drugimi lepili ali pa jim dodajajo velike količine cenениh primesi. Ob dodatku do 300 % nevtralnih primesi daje MF-lepilo še vedno kvalitetne lepilne spoje (Resnik, 1997).

Lepilo nanašamo ročno ali strojno, nanos pa se giblje od 200 do  $250\text{ g/m}^2$ . Temperatura lepljenja je zelo spremenljiva: med  $10$  in  $240\text{ }^{\circ}\text{C}$  (najpogosteje v mejah od  $110$  do  $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Tlak je odvisen od vrste lesa in namena lepljenja, giblje pa se med  $5$  in  $20$  bari. Najprimernejša vlažnost obdelovanca je od  $6$  do  $12\%$  (<http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Ucbeniki/LepilainMaterialiZaPovrsinskoObdelavo.pdf>, 22. 2. 2009).

Čas skladiščenja raztopine pri  $15\text{--}25\text{ }^{\circ}\text{C}$  je do dva meseca.

**Prednosti:**

- vsestranska uporabnost (montažna, konstrukcijska in vzdolžna lepljenja, spahovanje furnirja ...),
- velika vezilna hitrost omogoča strojno lepljenje furnirnih spahov,
- spoji so odporni proti vlagi in ostri klimi, vroči vodi, kemikalijam in organskim topilom,
- lepilni spoji so brezbarvni,
- možnost sprejemanja velikih količin polnilcev, kar poceni lepljenje,
- ekološko so razmeroma sprejemljiva.

**Pomanjkljivosti:**

- spoji so trdi in krhki ter topijo rezila (problem rešimo z dodatkom polnila),
- pogosti so preboji skozi furnir,
- kratka doba skladiščenja lepilne disperzije,
- visoka cena.

Melamin-formaldehidna lepila uporabljamo za zelo zahtevna konstrukcijska lepljenja, v proizvodnji vezanih plošč in lameliranega lesa, plovil, motornih vozil in letal, za posebna lepljenja v polju visoke frekvence ipd. Stroške lepljenja lahko znižamo z mešanjem čistega MF-lepila s cenejšimi in z racionalnim dodajanjem večje količine cenenih primesi.

#### 2.4.2.3 Fenol-formaldehidna lepila (FF-lepila)

Lepila na osnovi fenola so znana že od leta 1920 in so dolgo časa bila glavni predstavniki lepil, izdelanih iz sintetičnih smol. V lesni industriji so jih začeli uporabljati leta 1930 za proizvodnjo furnirnih plošč, kasneje pa so jih množično uporabljali v obliki lepilnih filmov. Njihov razvoj se je zelo pospešil v času 2. svetovne vojne (<http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Ucbeniki/LepilainMaterialiZaPovrsinskoObdelavo.pdf>, 22. 2. 2009).

Fenol-formaldehidna lepila so na voljo v tekoči, prašnati in trdi obliki (filmi).

Osnovne surovine za proizvodnjo fenol-formaldehidnih lepil so fenol ali njegovi derivati in formaldehid. Polikondenzacija poteka v alkalnem mediju v treh stopnjah in jo lahko v posamezni fazi prekinemo. Tako dobimo produkte različnih lastnosti. Kot surovina za proizvodnjo lepila pridejo v poštev le rezol smole, ki se dobro raztapljajo v topilih (vodi). Molarno razmerje med fenolom in formaldehidom je 1:1 do 3,5.

Utrjevanje fenol-formaldehidnih lepil poteka počasneje kot pri UF-lepilih. Vezivna reakcija je posledica difuzije vode in nadaljevanja polikondenzacije. Obe reakciji morata potekati sočasno, zato je nujna stalna kontrola doziranja utrjevalca, režima stiskanja (predvsem temperature) in vlage lepljencev. Pri hladnem lepljenju moramo kemijsko reakcijo vzpodbuditi z agresivnimi utrjevalci, ki imajo pH-vrednosti med 2 in 3. V takih primerih se mešanica segreje in spremeni barvo. Ni priporočljivo lepiti pri temperaturah, nižjih od 20 °C, ker pogosto nastanejo nekakovostni spoji. Pri temperaturah nad 180 °C steče vezivna reakcija tudi brez dodatka utrjevalca - le zaradi dovajanja toplote. Nad 220 °C prične lepilni spoj razpadati

(<http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Ucbeniki/LepilainMaterialiZaPovrsinskoObdelavo.pdf>, 22. 2. 2009).

Pri utrjevanju FF-lepil sta za pravilen potek reakcije običajno potrebna ustrezen trdilec in temperatura. Pri temperaturah nad 180 °C veže FF-lepilo brez utrjevalca. Različne recepture omogočajo lepljenje v območju 20 do 160 °C. Pri utrjevanju v hladnem so potrebni agresivni utrjevalci (pH 2 do 3). V takih primerih se mešanica segreje, spremeni pa se tudi barva smole (Resnik, 1997).

Utrjevanje FF-lepil je v primerjavi z UF-lepili počasnejše. Za utrjevanje uporabljamo kisline. Od dodatkov uporabljamo najpogosteje lesno moko, v omejeni količini pa tudi škrob, dekstrin in v vodi topljiv eter celuloze. Dovajamo jim tudi krvni albumin, kazein in v novejšem času lignin (Resnik, 1997).

#### Lastnosti lepila, uporaba

Lepilno mešanico nanašamo enostransko (ročno ali strojno), pri montažnih lepljenjih pa se pogosto odločamo za ločeno nanašanje lepila in utrjevalca. Pri uporabi agresivnih utrjevalcev je nujno nanašanje lepila na eno in utrjevalca na drugo lepilno površino. Količina nanosa je 100 do 150 g/m<sup>2</sup>. Običajna temperatura lepljenja je med 20 in 160 °C. Pri montažnem lepljenju zadostuje tlak 2 bara, pri proizvodnji plošč pa 12 do 25 barov. Čas lepljenja je najdaljši pri hladnem lepljenju – 4 ure, pri vročih lepljenjih pa je osnovni čas 7 do 10 min. Optimalna vlažnost lepljencev je 6–14 %.

Zaradi vrste dobrih lastnosti imajo fenol-formaldehidna lepila široko področje uporabe. Omejuje jih predvsem rdečkasta barva lepilnega spoja.

Najpogosteje jih uporabljamo v proizvodnji lesnih plošč, odpornih proti vodi, v gradbeništvu, industriji vozil, ladjedelništvu, v proizvodnji športne opreme in posod tam, kjer temna barva lepila ni moteča.

#### Prednosti:

- široko področje uporabe,
- dobre adhezijske lastnosti,
- velika vezivna trdnost utrjenega spoja,
- odpornost proti hladni in vroči vodi,
- odpornost v ekstremnih klimatskih razmerah,
- hitro utrjevanje na povišani temperaturi,
- obraba orodja je manjša kot pri drugih polikondenzacijskih lepilih,
- odpornost proti glivam in insektom, nekateri tipi tudi proti termitom.

#### Pomanjkljivosti:

- rdečkasto rjava barva lepilnega spoja,
- preboj lepila je težko odstraniti,
- strupenost (fenol) in neprijeten vonj,
- kratka doba skladiščenja tekočih lepil (okoli 2 meseca).

Skladišča za fenol-formaldehidna lepila naj bodo čim bolj hladna, ker se s tem zavira spontana kondenzacija. Bolj viskozne smole se hitreje starajo, kar je potrebno upoštevati pri času uporabnosti.

**Lepilni film v obliki filma** je zelo tanka papirna podloga (0,07 mm), ki je prepojena s tekočo fenolformaldehidno smolo in nato posušena v toplem zraku. Filmi prihajajo na tržišče v

zvitkih širine 2 m in dolžine do 50 m. Na tržišču so se pojavili že leta 1929 pod trgovskim imenom Tego-film.

Uporaba tovrstnih lepil je zelo enostavna: film razrežemo na potreben format, vložimo med lepljence in stisnemo v stiskalnici. Temperatura mora biti najmanj 130 °C, tlak med 6 in 25 bari, čas stiskanja pa je 5 do 6 min. Toplota povzroči taljenje smole, hkrati pa sproži polikondenzacijo. Potrebna količina vlage za nemoteno reakcijo kondenzacije je v papirni podlogi in lepljencu, izkorišča pa se tudi voda, ki nastaja kot produkt kemične reakcije. Proces utrjevanja je kombiniran, čeprav je fizikalni del reakcije zaradi majhne količine vode manj pomemben. Lepilne filme uporabljamo predvsem za slojna lepljenja. Njihova največja prednost je enostavna uporaba, čisto delo, preboja skozi furnir pa praktično ni. Lepilni filmi so dragi in uporabni le za vroča lepljenja, pogoji skladiščenja pa zahtevni. Površina lesa mora biti zelo dobro pripravljena, lepljenec mora imeti enakomerno debelino in optimalno vlago. Lepilne filme danes uporabljamo le za posebna lepljenja (<http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Ucbeniki/LepilainMaterialiZaPovrsinskoObdelavo.pdf>, 22. 2. 2009).

#### 2.4.2.4 Resorcinol-formaldehidna lepila (RF-lepila)

Resorcinol-formaldehidna lepila, ki sodijo med najkvalitetnejša lepila za lepljenje lesa, so prišla v uporabo po letu 1943. Razvili so jih med drugo svetovno vojno za potrebe letalstva in ladjedelništva. Značilnost RF-lepil je, da lepijo tudi pri nizkih temperaturah, njihovi lepilni spoji pa so odporni proti vreli vodi, večini kemikalij, plesnim in termitom. Za lepljenje gradbeniških lesenih konstrukcij danes skoraj izključno uporabljajo ta lepila. Za lepila uporabljajo raztopino resorcinol-formaldehidne smole, ki je precej viskozna. Značilnost RF-smole je tudi njena rdeče rjava barva (Resnik, 1997).

Lepilo prihaja na tržišče kot rdeče rjava, precej viskozna disperzija s 50 do 70 % suhe snovi (prašnata oblika ni tako pogosta). Raztopina RF-smole je nevtralna (pH 7 do 8), vendar zelo občutljiva na temperaturo in spremembo pH-vrednosti. Utrjevanje je kot pri vseh polikondenzacijskih lepilih fizikalno-kemični proces. Nad 100 °C poteka utrjevanje tako hitro, da je lepljenje nemogoče; običajna temperatura lepljenja zato ne presega 80 °C. Pri nizkih temperaturah utrjevanje poteka razmeroma zelo počasi. Lepilo skladiščimo v hladnih prostorih (4 do 25 °C) in dobro zaprti embalaži. Čas skladiščenja je do enega leta (<http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Ucbeniki/LepilainMaterialiZaPovrsinskoObdelavo.pdf>, 22. 2. 2009).

#### Lastnosti lepila, uporaba

Lepilno mešanico nanašamo valjčno ali z brizganjem. Nanos je obojestranski in se giblje med 50 in 550 g/m<sup>2</sup>, odvisno od namena lepljenja. Lepilni sloj ne sme biti predebel, čeprav lepilo ne zahteva posebno pripravljene površine. Prednost RF-lepila je tudi v tem, da lahko uspešno lepimo z nižjim tlakom, tj. 7 do 15 barov. Čas stiskanja je odvisen od temperature in znaša nekaj minut pri 80 °C do 10 ur pri 15 °C. Vlaga lepljenca se lahko giblje v širokih mejah od 2 do 20 % (optimalno 8 do 12 %).

Resorcinol-formaldehidna lepila uporabljamo za zahtevna lepljenja gradbenih konstrukcij, v ladjedelništvu, proizvodnji športnih naprav, lameliranega lesa ter za lepljenje različnih sintetičnih materialov, keramike ...

**Prednosti:**

- imajo veliko vezivno trdnost,
- odporna so proti mikroorganizmom in staranju,
- spoji so odporni proti sladki, slani, hladni in vreli vodi, ostru klimi, lugom in topilom,
- lepilni film je zelo elastičen,
- obraba rezil je majhna pri lepilih, ki vsebujejo polnilo,
- ne zahtevajo posebnih naprav za stiskanje (zadostujejo svore).

**Pomanjkljivosti:**

- spoji so obarvani,
- zahtevajo posebne pogoje skladiščenja (hladni prostori, dobro zaprta originalna embalaža),
- občutljiva so na spremembo temperature in pH,
- zahtevajo posebne ukrepe pri delu (vnetja sluznice, strupene odpadne vode),
- imajo visoko ceno.

#### 2.4.2.5 Druga polikondenzacijska lepila

V skupino polikondenzacijskih lepil spada še vrsta lepil, ki imajo dobre adhezijske lastnosti, vendar jih v lesni industriji uporabljajo le izjemoma.

**Poliamidna lepila** imajo termoplastične lastnosti, utrjujejo pa se z dodatkom kislih katalizatorjev. Dajejo kakovostne in elastične spoje, ki so odporni proti vodi. Uporabljamo jih predvsem za lepljenje različnih sintetičnih materialov, kovin na les ipd. Poliamidne smole so osnovna surovina v proizvodnji talilnih lepil.

**Poliestrška lepila**, ki jih proizvajamo na osnovi nenasičenih poliestrskih smol, stirola in drugih snovi, so tipičen dvokomponentni sistem. Dajejo trdne in odporne spoje, uporabljamo pa jih za lepljenje sintetičnih snovi, kovin, stekla ipd.

**Silikonska lepila** imajo anorgansko zgradbo in se razlikujejo od drugih polimerov. Na trg prihajajo kot enokomponentni in dvokomponentni sistemi, uporabljamo pa jih kot tesnila v gradbeništvu, za spajanje različnih materialov ipd.

#### 2.4.3 Poliadiacijska lepila

Osnovno vezivo poliadiacijskih lepil so smole, ki so produkti poliadiacijske reakcije (epoksidne in poliuretanske smole). Smole nastanejo tako, da se vodikov atom iz spojine, ki vsebuje hidroksilno skupino ( $-OH$ ) preseli na dušikov atom izocianatne skupine ( $-N=C=O$ ) druge spojine. Lepila imajo več zelo dobrih skupnih lastnosti, vendar jih zaradi visoke cene v lesni industriji uporabljamo le za najbolj zahtevna lepljenja

(<http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Ucbeniki/LepilainMaterialiZaPovrsinskoObdelavo.pdf>, 22. 2. 2009).

##### 2.4.3.1 Poliuretanska lepila (PU-lepila)

Poliadiacijska reakcija se od polikondenzacije razlikuje v tem, da pri njej ne izstopa enostavna snov, od polimerizacije pa v tem, da se molekule povezujejo pri poliadiaciji prek heteroatomov (kisikovih, dušikovih itd). Glede na vrsto komponent, ki stopajo v reakcijo, ločimo eno-

dvokomponentna poliuretanska lepila. Različne reaktivne komponente vplivajo na potek vezivne reakcije.

Poliuretanska lepila se utrjujejo na različne načine:

- termično utrjujoča se PU-lepila utrdijo fizikalno zaradi povišane temperature, ki sproži izocianatno komponento;
- reaktivna talilna PU-lepila najprej segrevamo, po ohlajevanju (fizikalno utrjevanje) pa nastane lepilni spoj, ki se v nadaljevanju utrdi pod vplivom vlage;
- PU-lepila s topili se utrdijo zaradi odstranjevanja topil, kar lahko poteka pri normalni ali povišani temperaturi; pri fizikalno utrjujočih se sistemih je v ustreznem topilu raztopljen polimer, pri kemično utrjujočih se pa obe komponenti.

Hitrost vezivne reakcije je odvisna od temperature, reakcija pa lahko poteka tudi pri negativnih temperaturah, saj se pri tem sprošča toplota.

Poliuretanska lepila se pojavljajo kot enokomponentna in dvokomponentna lepila.

Poliuretanska lepila so kakovostna, vendar tudi strupena, posebno pri povišani temperaturi. Škodljiva je izocianatna komponenta, ki draži kožo in sluznico, otežuje dihanje ipd. Pri delu moramo uporabljati osebna zaščitna sredstva ter upoštevati varnostne predpise.

#### Lastnosti lepila, uporaba

Lepilo je občutljivo na vlago lesa (ta se giblje med 8 in 12 %). Vlaga odceplja ogljikovo kislino iz izocianatne skupine, ki zavira reakcijo. V lepilnem spoju lahko nastanejo mehurčki, ki zmanjšajo trdnost in jih je težko odstraniti.

Nanos lepila je med 200 in 250 g/m<sup>2</sup>, potrebni tlaki pa majhni – 3 do 8 barov. Čas stiskanja je odvisen od temperature in sestave mešanice in znaša od 30 minut (pri 60 °C) do 8 ur (pri 10 °C). Lepila uporabljamo za zahtevna montažna lepljenja, predvsem pa za lepljenje kovin, sintetičnih in izolacijskih materialov, keramike, gume ... Za lepljenja večjih ploskev lesa jih praviloma ne uporabljamo, saj so predraga.

#### Prednosti:

- dajejo trdne lepilne spoje,
- odporna so proti vodi (tudi vroči), kemikalijam, topilom in mikroorganizmom,
- lepilni filmi so elastični,
- odporna so proti staranju,
- imajo dobro oprijemljivost na različne materiale.

#### Pomanjkljivosti:

- so strupena in zdravju škodljiva,
- zahtevna priprava lepila,
- občutljivost za vlago lesa, ki ne sme preseči 12 %,
  - skladiščenje v suhih in zelo hladnih prostorih.

### 2.4.3.2 Epoksidna lepila

Epoksidna lepila so razvili med drugo svetovno vojno za potrebe vojne industrije. Osnovna surovina za njihovo proizvodnjo so epoksidne smole.

Prostorsko zamreženje lahko poteka, če z epoksidnimi skupinami reagirajo kisli ali bazični

utrjevalci. Lepila so torej dvokomponentni sistemi: smole so prva komponenta, druga pa utrjevalec, ki je najpogosteje anhidrid ftalne kisline. Lastnost posameznih tipov lepil izboljšamo z dodatkom polnil, drugih smol, plastifikatorjev in topil.

Ločimo:

- eno- in dvokomponentna epoksidna lepila in
- epoksidna lepila brez topil

(<http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Ucbeniki/LepilainMaterialiZaPovrsinskoObdelavo.pdf>, 22. 2. 2009).

**Enokomponentna epoksidna lepila** so že pripravljena mešanica ustreznih komponent in niso tipičen enokomponentni sistem. Uporabljajo se kot lepilne folije, utrjevanje pa sproži povišanje temperature.

**Dvokomponentna epoksidna lepila** so tipična dvokomponentna lepila, ki zahtevajo natančno doziranje epoksidne in amino komponente. Razmerje posameznih komponent vpliva na trdnost spoja. Lepila imajo dobre adhezijske lastnosti, spoji pa so trdni.

**Epoksidna lepila brez topil** predstavljajo skupino topilno-reakcijskih lepil. Obe reaktivni komponenti sta v prašnati obliki in jih pred uporabo moramo raztopiti v ustreznem topilu. Šele takrat ustvarimo pogoje za normalen potek vezivne reakcije.

#### Lastnosti lepila, uporaba

Večina epoksidnih lepil je dvokomponentnih. Pripravimo jih z mešanjem obeh komponent, pri čemer moramo upoštevati recepturo proizvajalca, saj vsako odstopanje od predpisanega razmerja zmanjšuje trdnost lepilnega spoja. Primerna so za hladna in vroča lepljenja.

Epoksidna lepila uporabljamo za lepljenje lesa s kovinami in drugimi materiali, za posebno zahtevna lepljenja in za lepljenja manjših površin.

#### Prednosti:

- visoka lepilna trdnost,
- odpornost proti povišani temperaturi, vodi in večini kemikalij,
- odpornost proti mikroorganizmom in insektom.

#### Pomanjkljivosti:

- so strupena in zahtevajo uporabo zaščitnih sredstev,
- majhna elastičnost,
- visoka cena.

### 2.4.4 Posebne oblike lepil

**Talilna lepila** so pričeli uporabljati v lesni industriji v začetku 60-ih let, predvsem za furniranje robov na linijah za serijsko proizvodnjo pohištva.

Talilna lepila so posebna oblika lepil, ki prihajajo na trg v trdem stanju, tj. v obliki granulata (zrnca), ploščic in nabojev (za talilne pištole). Ime so dobila po tem, ker jih pred uporabo moramo utekočiniti – staliti pri določeni, t. i. delovni temperaturi. Spadajo v skupino

termoplastov. Uporabniki lahko izbirajo med različnimi tipi lepil, ki so prilagojena različnim zahtevam lepljenja  
(<http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Ucbeniki/LepilainMaterialiZaPovrsinskoObdelavo.pdf>, 22. 2. 2009).

Talilno lepilo pripravimo za nanašanje tako, da ga utekočinimo v ogrevalni napravi nanašalnega stroja ali pištole. Delovna temperatura, ki je potrebna za mehčanje, taljenje in nanašanje, je odvisna od tipa lepila in se giblje med 160 in 220 °C. Pri delu moramo upoštevati predpisane vrednosti, saj premalo segreto lepilo nima prave viskoznosti, če pa ga pregrejemo, postane neuporabno in se razgradi. Termično in oksidacijsko razgradnjo do določene meje omejuje dodatek stabilizatorjev in protioksidantov.

Lepilo se utrjuje fizikalno, z ohlajevanjem, in sicer tem hitreje, čim večja je temperaturna razlika med delovno temperaturo (temperaturo nanašanja) in temperaturo lesa. Občutljivo je na prah, zato mora biti površina lepljenca čista

(<http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Ucbeniki/LepilainMaterialiZaPovrsinskoObdelavo.pdf>, 22. 2. 2009).

#### Lastnosti lepila, uporaba

Lepila ne vsebujejo disperznega sredstva, zato ne pride do nabrekanja lesa. To omogoča debelejšo nanose, kar je posebno pomembno pri furniranju profiliranih površin.

Talilna lepila uporabljamo za lepljenje robov s folijami, furnirjem in letvicami iz masivnega lesa do debeline 10 mm, za oplasčanje letvic in za razna montažna (hobi) lepljenja.

#### Prednosti:

- kratek čas utrjevanja,
- lepilni spoji ne nabrekajo (ne vsebuje disperzijskega sredstva),
- zdravju so neškodljiva,
- elastičen lepilni film,
- majhna obraba obdelovalnega orodja,
- možnost obarvanja,
- praktično neomejena doba uskladiščenja,
- enostavna uporaba.

#### Pomanjkljivosti:

- lepilni filmi so termoplastični,
- le delna odpornost proti vlagi,
- les je izpostavljen toplotnim obremenitvam,
- zahtevajo posebne talilne naprave,
- so sorazmerno draga.

V prizadevanju, da bi omogočili proizvodnjo kakovostnih lepil iz naravnih in obnovljivih materialov, že vrsto let tečejo tudi raziskovanja taninov in lignina (lepila na osnovi tanina, lepila na osnovi lignina).

 <http://www.lepljenje.si/>

 [http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/vs\\_scernjavic\\_danilo.pdf](http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/vs_scernjavic_danilo.pdf)

### Vprašanja za ponovitev

- Razložite pojem lepljenja.
- Pojasnite fizikalne in kemične pojave, s katerimi pojasnimo lepljenje.
- Razložite pojma adhezija in kohezija.
- Razmislite, kateri so ustrezni dodatki lepilom za izboljšanje lastnosti.
- Podajte razvrstitev lepil glede na surovinsko osnovo.
- Razmislite o uporabi naravnih lepil v praksi.
- Analizirajte sintetična lepila glede na načine pridobivanja.
- Razložite procese utrjevanja pri lepilih.
- Primerjajte lastnosti polivinilacetatnih, ureaformaldehidnih in fenolformaldehidnih lepil.

### 3 STEKLO

*Vsebina poglavja:*

- Vrste stekla
- Oblikovanje stekla
- Uporaba stekla pri pohištva

*V poglavju boste:*

- spoznali vrste stekla,
- razumeli lastnosti stekla,
- razumeli možnosti oblikovanja stekla,
- analizirali možnosti uporabe stekla pri oblikovanju in izdelavi izdelkov.

»Steklo definiramo kot anorgansko, amorfno snov, ki nastane pri strditvi anorganske taline. Pri izdelavi stekla zmes surovin stalimo in jo nato ohlajamo tako, da ne pride do kristalizacije. Podhlajena talina pod temperaturo steklastega prehoda preide v steklo [...]

Verjetno najpomembnejša lastnost stekla, zaradi katere ga pravzaprav tudi uporabljamo, je njegova transparentnost. Najpreprosteje lahko transparentnost stekla razumemo, če primerjamo, kaj se zgodi s snopom svetlobe, ki pade na polikristaliničen material in kaj s svetlobo na steklu« (Petrič, 2008, 85-86).

Steklo je umetni proizvod, ki ga ne najdemo v naravi. Ne obstajajo trdni dokazi, kdaj in kje je steklo prvič najdeno, vendar lahko sklepamo, da je steklo znano že zelo dolgo (že pred 5000–6000 leti) in da se njegova izdelava lahko pripiše starim narodom na področju spodnjega toka Nila in ustja Evfrata in Tigrisa. Takrat so uporabljali steklo kot dekorativni material ali nakit in je bilo po večini motno, neprozorno in obarvano.

V začetku nove ere se steklarstvo najbolj razvije v Rimskem imperiju, po propadu le-tega pa postane središče steklarstva Bizanc in Carigrad kot njegovo gl. mesto. Istočasno obstajajo tudi manjša steklarska središča posebno v Franciji, Nemčiji, Angliji in na Češkem. Ko v začetku 12. stoletja prične pešati bizantinska moč, se postopoma prične selitev obrti nazaj v Evropo, v Benetke (otoka Murano in Borano) in tam doseže svoj razcvet okoli leta 1500.

Popolnoma prozorno in brezbarvno steklo so izdelali v 16. stoletju na Češkem. Po tem obdobju se prične intenzivna uporaba stekla:

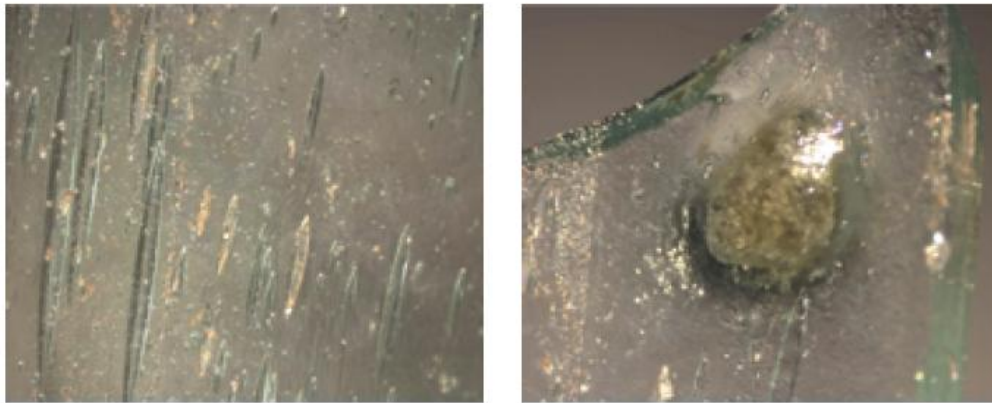
- v 17. stoletju so francoski steklarji razvili tehniko litja in brušenja velikih steklenih plošč za ogledala,
- v 19. stoletju se pričnejo vpeljevati v proizvodnjo stekla polavtomatski postopki,
- v 20. stoletju se pričnejo intenzivno vpeljevati v proizvodnjo stekla najrazličnejši stroji, kot so npr. stroji za pihanje stekla, stroji za izdelavo ravnega stekla in razne avtomatizirane linije za izdelavo steklenih izdelkov (Aberšek, 1995).

»V fizikalnem smislu je steklo podhlajena talina, ki nima določenega tališča; s segrevanjem se postopoma omehča in se pri višjih temperaturah raztali. V tej fazi steklo oblikujemo. Sledi postopno ohlajevanje steklene taline, pri čemer narašča viskoznost. Ohlajevanje je namreč tako počasno, da steklena snov ne more kristalizirati, zato je steklo v trdnem stanju kot zmes oksidov v amorfni obliki« (Bezjak, 1997, 95).

**Osnovne surovine** za proizvodnjo navadnih vrst stekla so kremenčev pesek, apnenec, soda, natrijev sulfat, živec, mini, boksit. Surovine morajo biti čim čistejše.

Kot **pomožna sredstva** dodajamo:

- **sredstva za razbarvanje in bistrenje** (z namenom, da bi iz steklene mase odstranili nečistoče, ki povzročajo obarvanost in motnost taline),
- **sredstva za barvanje** (kadar želimo dobiti barvano steklo, ki pa mora ostati prozorno) - nekatera barvila za steklo so železovi oksidi (zelena, rumena), kremenovi oksidi (škrlatno rdeča, rumena barva), kobaltovi oksidi (modra, rdeča, zelena barva), manganovi oksidi (vijoličasta in rjava barva),
- **sredstva za motnitev** - sredstvi za motnitev sta predvsem kositrov in cinkov oksid. Dodajamo ju v talino, da dobimo mlečno steklo. Motnimo lahko tudi že končni izdelek, ali na kemični HF ali na mehanski način z razprševanjem drobnega kremenčevega peska (Bezjak, 1997).



Slika 13: Zračni mehurčki v steklu (levo) in kamen v steklu (desno)

Vir: <http://www.sms-muzeji.si/udatoteke/publikacija/netpdf/2-4.pdf>, (17. 4. 2011)

### 3.1 VRSTE STEKLA

Steklo lahko razdelimo v tri skupine, in sicer:

- po sestavi,
- po namenu uporabe in
- po načinu proizvodnje.

#### 3.1.1 Vrste stekla glede na sestavo

Steklo izdelujemo iz različnih materialov (Petrič, 2008):

**Natrijevo steklo** je izdelano iz kremenjaka, sode in apnenca. Ime je dobilo po vsebnosti natrijevega oksida  $\text{Na}_2\text{O}$ . Natrijevo steklo je trdo, obstojno in lahko taljivo. Je najcenejše in predstavlja kar okrog 90 % vsega stekla v uporabi. Iz natrijevega stekla izdelujejo okensko steklo, steklenice, žarnice, kozarce, steklene posode ...

Če je prednost natrijevega stekla nizka cena, ima po drugi strani za steklo zelo visoko toplotno razteznost. Izdelki iz natrijevega stekla zato niso odporni proti toplotnemu šoku, pri hitrih spremembah temperature počijo. Prav tako prepuščajo le manjši del UV-svetlobe.

**Kremenovo steklo** vsebuje kar 99,5 % ali več kremenca. Ponaša se z zelo nizkim linearnim temperaturnim razteznostnim koeficientom, zato je odporen proti toplotnemu šoku. Kremenova stekla za razliko od običajnih in cenejših vrst stekla prepuščajo zelo širok spekter svetlobe, tudi UV-sevanje. Bistvena pomanjkljivost kremenovega stekla, ki omejuje njegovo širšo uporabnost, je njegova visoka cena. Uporabljamo ga v medicinske in laboratorijske namene.

**Borosilikatno in boratno steklo** je steklo na osnovi silicijevega dioksida, ki vsebuje znaten delež borovega oksida. Boratno steklo je steklo, pri katerem so osnovne surovine za tvorbo steklaste mreže borovi oksidi. Najpomembnejša lastnost tega stekla je njegov relativno nizek linearni temperaturni razteznostni koeficient, zato je odporno proti toploti oz. proti temperaturnemu šoku. Zaradi tega je borosilikatno steklo idealen material za izdelavo laboratorijske steklovine.

Za **svinčevo steklo** je značilna relativno visoka vsebnost svinčevega oksida, posledica pa je njegov izrazit sijaj. Zaradi navedenega je svinčevo steklo uporabno v optičnih izdelkih kot

material za leče. Svinčevo steklo je v primerjavi z običajnim steklom dokaj mehko in ga je lažje obdelovati, zato iz njega izdelujemo različne dekorativne brušene predmete, kot so razni reprezentativni kozarci, steklenice. Prav tako svinčevo steklo srečamo v vitrinah pohištvenih izdelkov. Izgled brušenih izdelkov iz svinčevega stekla spominja na naravne kristale, zato se je svinčevega stekla prijelo tudi ime »kristalno steklo«.

### Barvno steklo

Običajno steklo prepušča večino spektra vidne svetlobe in manjši del UV-sevanja. Kremenovo steklo prepušča tudi UV-svetlobo. Z različnimi dodatki za obarvanje stekla dosežemo različne barvne učinke.

Tabela 1: Dodatki za obarvanje stekla in njihovi barvni učinki

SNOV	BARVNI UČINEK
železovi oksidi	zeleno, rjavo
manganovi oksidi	rumenkasto rjavo, vijolično
kobaltovi oksidi	temno modro
zlatov klorid	rubinasto rdeče
selenove spojine	rdeče
spojine kroma	zeleno
zmes manganovih in železovih oksidov ter kobaltovega oksida	črno
antimonovi oksidi	belo
nikljeve spojine	umazano sivo
uranovi oksidi	rumeno zeleno
žveplovski oksidi	rumeno rjavo, rjavo
bakrove spojine	svetlo modro, rdeče
kositrove spojine	belo
zmesi svinčevih in antimonovih spojih	rumeno

Vir: Petrič, 2008, 89

### Motno steklo

Čeprav je ena bistvenih odlik stekla ravno njegova prosojnost, včasih želimo uporabljati motno, mlečno steklo, npr. v raznih vitrinah, pri opremljenosti sanitarnih prostorov ... Motnost stekla lahko dosežemo tako, da naredimo površine steklenega izdelka hrapave. Na hrapavih površinah se svetloba namreč razprši. Tako lahko s posebnimi valji v gladko in mehko steklo vtisnemo ornament oz. neravnine. Druga možnost je, da v čisto, še ne strjeno stekleno matriko, vtisnemo drobne kristale anorganskih snovi in dosežemo videz zaledenole površine. Najbolj pogosto hrapavost površin stekla dosežemo s peskanjem.

### Peskano steklo

Peskanje stekla se izvaja s posebnimi peskalnimi stroji. Možno je peskanje različnih oblik in vzorcev. Peskano steklo je precej občutljivo na umazanijo in ga je težko čistiti. To še posebej velja za različne masne madeže, ki se vtorejo v površino peskanega stekla. Zato peskane površine pogosto zaščitimo s posebnimi premazi, ki preprečujejo vnos nečistoč.

**Jedkano steklo** je odporno skoraj proti vsem kemičnim vplivom, relativno hitro ga najedajo le fluorovodikova kislina in taline oksidov alkalijskih kovin. Zato fluorovodikovo kislino uporabljamo za jedkanje stekla. Pri tem dosežemo podoben učinek kot s peskanjem. Pomembna razlika je v tem, da je jedkane površine stekla bistveno lažje čistiti kot peskane površine.

### 3.1.2 Vrste stekla glede na namen uporabe

Petrič (2008) razdeli steklo po namenu uporabe in njihovi funkciji.

**Kaljeno in delno kaljeno steklo** uvrščamo v skupino enoslojnega varnostnega stekla. Kaljeno steklo ima večjo trdnost od navadnega stekla, prav tako ima povečano toplotno odpornost. Če se razbije, razpade na drobne delce s topimi robovi. Ta pojav je pomemben z varnostnega vidika, saj bi se lahko sicer v primeru nesreče na večjih delcih razbitega stekla z zelo ostrimi robovi porezali. Zato kaljeno steklo obvezno uporabljamo pri steklenih vitrinah v pohištvenih izdelkih, za steklena vrata na omaricah, za steklo v vratih, itd. Prav tako so iz kaljenega stekla običajno narejene zadnja in stranske šipe pri avtomobilih.

Kaljenje stekla izvajajo tako, da segrejejo na dovolj visoko temperaturo, npr. 600 °C ali 700 °C, pri čemer se vrhnja plast steklene plošče zmehča in razširi. Nato segreto steklo hitro ohladijo, običajno z mrzlim zrakom ali s potopitvijo v tekočino, najpogosteje raztopino klorovodikove kisline. V steklo se vgradijo notranje napetosti. Če želimo kaljeno steklo razbiti, moramo najprej premagati namenoma vnesene notranje napetosti. Zato je trdnost stekla višja od trdnosti običajnega stekla. Če je zunanja obremenitev večja od notranjih napetosti, pride do porušanja, pri čemer se zaradi neravnovesnega stanja kaljenega stekla le-to hipoma razsuje v zelo drobne koščke s topimi robovi.

#### **Lepljeno (laminirano) steklo**

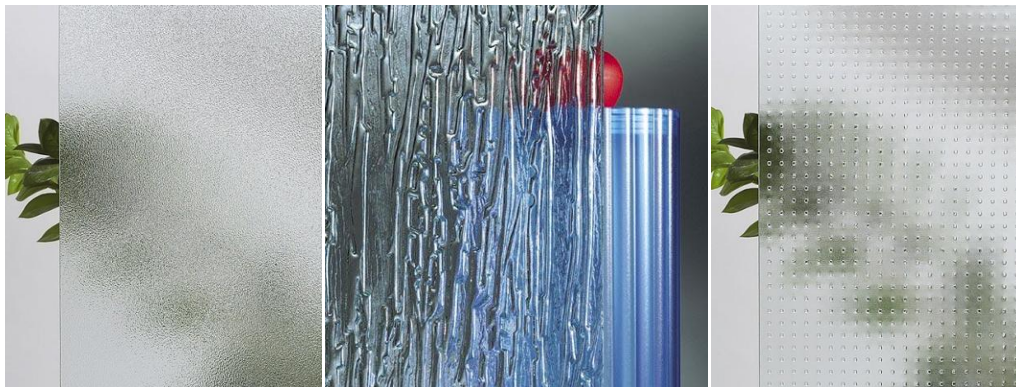
Tudi lepljeno steklo uvrščamo v skupino varnostnega, in sicer večplastnega stekla. Dve ali več plasti stekla segrejemo do temperature 600 °C in pod tlakom ustrezno oblikujemo. Po nadzorovanem hlajenju plošče združimo in med njih vložimo polimerno folijo. Plošče zlepimo. Če se takšno steklo razbije, črepinje ostanejo na foliji. Namesto z vmesno folijo je lepljeno steklo lahko sestavljeno tudi iz dveh ali več steklenih šip, ki so med seboj trdno zlepljene z lepili. Lepljeno steklo ima v primerjavi s kaljenimi varnostnim steklom pomembno prednost. Po lomu kaljenega stekla nastanejo delci, ki le redkokdaj ostanejo v okvirju, zato takšna zasteklitev kasneje nima več zaščitne funkcije, saj ne ščiti niti pred vlomom niti pred poškodbami. Lepljeno steklo se kljub lomu ne razleti in zaradi tega še vedno ohrani vsaj del svoje zaščitne funkcije. To je posebej pomembno pri protivlomnih in neprebojnih steklih.

**Žično steklo** je lito steklo z vstavljenim žičnim pletivom oz. točkovno spajkano žično mrežo. Le-ta pri zlomu zadrži steklene delce, vendar ima nizko udarno žilavost in je zaradi izstopajočih kosov nevarnost poškodb še vedno zelo velika. Zato žično steklo v skupino varnostnih stekel uvrščamo le pogojno. Žična stekla v glavnem uporabljamo za zasteklitve in kot ograjno polnilo.

#### **Termoizolacijsko steklo**

Med termoizolacijsko steklo spada kar nekaj različnih vrst steklastih gradiv. Za steklo iz te skupine je značilno, da zagotavlja nižje toplotne izgube pri oknih (in drugem stavbnem pohištvu, npr. steklenih vratih) ali steklenih konstrukcijskih elementih, npr. pri steklenih fasadah.

Pod izrazom termoizolacijsko steklo v ožjem pomenu razumemo skupino dveh ali več steklenih piš za okna z nizko toplotno prehodnostjo, z medsebojnim razmakom širine 9 mm–12 mm. Vmesni prostori so zapolnjeni z zrakom in še raje z inertnim plinom, kot je npr. argon. Pravzaprav ne moremo govoriti o posebni vrsti stekla, gre le za sestav z nizko toplotno prehodnostjo. Termoabsorpcijsko steklo zaradi dodatkov v sestavi absorbira mnogo več kratkovalovnih infrardečih žarkov kot običajno steklo. Na takšen način izdelano steklo zagotavlja zaradi absorpcije toplote precej večjo zaščito pred soncem.



Slika 14: Ornamentna stekla

Vir: [http://www.tulip-projekti.si/?page\\_id=25](http://www.tulip-projekti.si/?page_id=25) (30. 3. 2009)

**Samočistilno steklo** je sodoben rezultat razvoja. Običajno ne gre za posebno vrsto stekla, temveč za poseben, samočistilni premaz, s katerim je steklo obdelano. V premazu so hidrofилne snovi, ki omogočajo, da je kontaktni kot vode na površini čim manjši, oz. da se voda po steklu čim boljše razliva. V premazu ali na površinski plasti so tudi nanodelci titanovega dioksida. Ob prisotnosti UV-svetlobe zaradi sončnega obsevanja nanodelci titanovega dioksida katalizirajo razkroj organskih nečistoč in različne umazanije do ogljikovega dioksida in vode. Ker voda površino samočistilnega stekla odlično omaka, dež enostavno spere razkrojne produkte umazanije s stekla in ga tako očisti.

### Steklokeramika

Amorfno stanje, v katerem se nahaja steklo, je neravnotežno stanje in vsako steklo ima težnjo po kristalizaciji. Če pod določenimi pogoji pride do kristalizacije takrat, ko tega ne želimo, se v steklo vgradijo napake. Tako so izdelki iz stekla z drobnimi vključenimi kristalčki, ki so rezultat neželene kristalizacije na določenih mestih, bistveno manj vredni od steklenih izdelkov brez napak, kot so poleg vključenih kristalčkov tudi ujeti mehurčki zraka.

Kristalizacijo stekla lahko izvedemo tudi namenoma. V tem primeru dobimo zelo gost, polikristaliničen material, ki se imenuje steklokeramika. Steklokeramika združuje tako lastnosti stekla kakor tudi lastnosti keramičnih materialov. Material izdelujejo tako, da najprej izdelajo steklo po običajnem postopku. Iz steklaste mase je dokaj lahko in poceni izdelati produkte različnih oblik, steklene plošče npr. izdelujejo z valjanjem. Sledi toplotna obdelava, pri kateri poteče kontrolirana kristalizacija stekla in dobimo steklokeramiko. V nasprotju s sintrano keramiko je steklokeramika popolnoma neporozna.

Steklokeramični materiali so zelo trdi in trdni. Še pomembneje je, da je linearni temperaturni koeficient steklokeramike nizek, zato je material odporen proti toplotnemu šoku. Steklokeramika je tako nadvse primeren material za kuhalne plošče. Pri segrevanju na visoke temperature ne počí; če se nam po plošči polijejo tekočine, ploščo preprosto obrišemo s krpo in madeži ne ostanejo (Petrič, 2008).

## 3.2 OBLIKOVANJE STEKLA

Steklo je material, ki ga lahko oblikujemo s preprostimi ali pa s tehnološko zapletenimi metodami. Talino lahko vlivamo v kalupe, lepimo ali valjamo kot vosek in glino, brizgamo pod pritiskom kot plastične mase. Za izdelavo steklenih cevi talino vlečemo, med seboj je mogoče staliti različna stekla v večslojne proizvode, talino lahko pihamo v kalupe, ali pa jo oblikujemo brez njih. Steklена vlakna lahko tkemo kot ostale tekstilne materiale. Oblikovanje

stekla je proces, pri katerem iz taline dobimo proizvod določene oblike. V tej fazi talina prehaja iz plastične v trdo obliko. Ves proces lahko razdelimo na nastajanje oblike in njeno utrjevanje. Utrjevanje je počasno hlajenje utrjevanega predmeta.

Večino steklenih izdelkov danes oblikujemo s stiskanjem v kalupe, pihanjem, vlečenjem in vlivanjem (<http://www.sms-muzeji.si/udatoteke/publikacija/netpdf/2-4.pdf>, 17. 4. 2011).

»**Ravno steklo** oblikujemo z vlečenjem in vlivanjem (okensko, zrcalno, izložbeno, avtomobilsko steklo in drugo).

**Votlo steklo** pa oblikujemo s pihanjem in stiskanjem. To je embalažno, brušeno, razsvetljevalno steklo« (Bezjak, 1997, 99).

**Stiskanje steklene mase v kalupe** se odvija pri temperaturi 650–1050 °C. To tehniko lahko izvajamo z ročnimi ali avtomatiziranimi stiskalnicami in je eden od najstarejših načinov oblikovanja stekla. Imeti morajo zunanji kalup, ki daje proizvodu zunanjo obliko, in notranji kalup, če želimo, da ima proizvod notranjo obliko (<http://www.sms-muzeji.si/udatoteke/publikacija/netpdf/2-4.pdf>, 17. 4. 2011).



Slika 15: Leseni kalup

Vir: <http://www.sms-muzeji.si/udatoteke/publikacija/netpdf/2-4.pdf>, (17. 4. 2011)

Tehniko stiskanja mase v kalupe uporabljamo za izdelavo množičnih izdelkov, kot so kozarci, sklede ipd. Potrebno količino steklene mase vlijemo v formo, sestavljeno iz zgornje in spodnje polovice ter bata. S pravilnim pritiskom bata porazdelimo talino v prazen prostor med kalupom in batom, ki ima obliko končnega izdelka (Aberšek, 1995).

**Steklopihaški postopek** je pihanje steklene mase v formo. To je postopek za oblikovanje votlih predmetov (za izdelavo steklene embalaže, različnih posod in tehničnih stekel). Potrebna temperatura steklene mase je 750–1150 °C.

Poznamo:

- *ročne postopke*, kjer s steklarsko pipo – pihalno cevjo zajamemo stekleno talino, ki jo z vpihavanjem in vrtenjem v kalupu spravimo v želeno obliko,
- *avtomatizirani postopek* uporabljamo za množično proizvodnjo – steklenice, žarnice ... (Aberšek, 1995).

**Vlivanje** je tehnika za proizvodnjo ravnega in armiranega stekla.

**Z valjanjem** izdelujemo predvsem debelejšje ravno steklo – izložbe. Stekleno talino razlijemo po mizi in jo valjamo s težkimi valji. Ploščo počasi ohlajamo. Če uporabimo gravirane plošče,

dobimo ornamentno steklo, če v talino vložimo kovinsko mrežo, dobimo armirano steklo. Da preprečimo pokanje stekla zaradi notranjih napetosti, plošče napetostno žarimo – segrejemo in počasi ohlajamo.

Za izdelavo tanjšega ravnega stekla pa uporabljamo poseben postopek, imenovan **vlečenje**. Za to se uporabljajo najrazličnejši avtomatizirani stroji, kjer v prvi fazi vlečemo stekleno talino skozi šamotne šobe, v drugem delu ta stekleni trak previdno ohladimo. Na izstopni strani stroja avtomatična rezilna naprava razreže trak v plošče želene dimenzije.

Podobno izdelujemo tudi **zrcalno steklo**, pri čemer moramo poleg valjanja in rezanja opraviti še glajenje stekla (Aberšek, 1995).



Slika 16: Vlečenje stekla

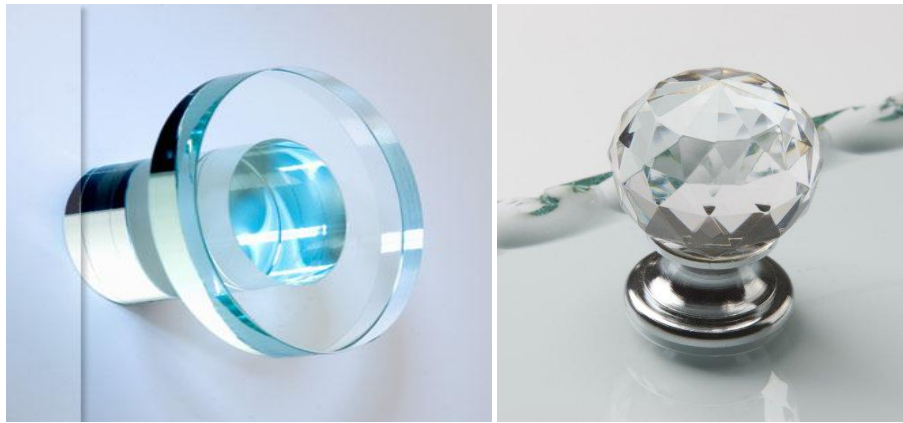
Vir: <http://www.sms-muzeji.si/udatoteke/publikacija/netpdf/2-4.pdf>, (17. 4. 2011)

### **Postopek izdelave izdelkov s centrifugiranjem**

»V kalup vlijemo stekleno maso, ki jo zavrtimo. Zaradi centrifugalne sile se steklena masa enakomerno porazdeli po obodu. V času 3–4 min. se toliko strdi, da obdrži svojo obliko. Na ta način izdelujemo predvsem različne cevi« (Aberšek, 1995, 72).

### **3.3 UPORABA STEKLA PRI POHIŠTVU IN OPREMI**

Steklo je material, ki ga v pohištveni industriji uporabljamo zelo pogosto. Ima kar nekaj lastnosti, ki jih oblikovalci in konstruktorji pohištva izkoriščajo za dopolnitev in izboljšanje lastnosti ter videza pohištvenih izdelkov. Najpogosteje se izrablja prozornost ali prosojnost stekla, velika trdota, pa tudi njegova odpornost na vplive agresivnih snovi. Ravno zaradi naštetih lastnosti steklo srečujemo tam, kjer želimo npr. pokazati, a hkrati tudi zavarovati vsebino omare. To nam omogočajo steklena vrata, steklene stranice ali celo čela predalov. Da je predmet v omari ali regalu viden tudi s spodnje strani, nam omogočajo steklene police, izvlečne steklene plošče, predali s steklenim dnom ipd.



Slika 17: Stekljeni ročaji

Vir: <http://www.steklarstvo-sp.si/slo/main.asp?id=122D7BFF> (30. 3. 2011)

Drugi zelo pogosto viden način uporabe stekla v pohištvu so mizne plošče. V tem primeru se steklo uporabi največkrat kot estetski element, saj dopušča mnoge načine oblikovanja, spreminjanja strukture in obdelave površin. Pri miznih ploščah oz. delovnih površinah je pomembna tudi odpornost površine na obrabo, pa tudi odpornost na delovanje raznih agresivnih tekočin, s katerimi lahko pridejo v stik (alkohol, aceton, kava, čistila itd.). Steklo je v tem smislu zelo primeren material, zato ga pogosto uporabimo kot samostojno delovno površino ali pa kot prekrivno ploščo.



Slika 18: Stekljena miza

Vir: [http://dominvrt.si/clanek/top\\_10/foto-steklene-mize.html](http://dominvrt.si/clanek/top_10/foto-steklene-mize.html) (30. 4. 2011)

Steklo pa nima samo dobrih lastnosti, ampak je v nekaterih primerih celo nevarno. Krhko steklo se lahko razbije, črepinje pa lahko povzročijo hude poškodbe. Da bi se tej nevarnosti čim bolj izognili, je nujno, da oblikovalci in konstruktorji upoštevajo standarde in predpise s tega področja, proizvajalci pohištva pa morajo poskrbeti, da je v izdelek vgrajeno kvalitetno steklo in pripadajoče okovje

([http://www.les.bf.uni-lj.si/fileadmin/datoteke\\_asistentov/srudolf/POHI\\_TVO/Steklo\\_in\\_pohi\\_tvo1.doc](http://www.les.bf.uni-lj.si/fileadmin/datoteke_asistentov/srudolf/POHI_TVO/Steklo_in_pohi_tvo1.doc), 8. 4. 2009).



Slika 19: Steklo v različnih oblikah

Vir: <http://dominivrt.si/clanek/rubrika/notranja-ureditev/videz-umirjene-cistosti.html>  
(30. 4. 2011)

Pri opremljanju sodobnih ambientov, ki težijo k preprostim linijam in funkcionalnosti, vse več pozornosti namenjamo novim elementom, ki prostoru vdihnejo občutek ugodja in prepoznavnost. V tem pogledu je vse bolj priljubljeno steklo oziroma pleksi steklo, ki se uporablja za zidove, pregrade, dekorativne predmete, pohištvo ... tako v stanovanjskih kot poslovnih prostorih. Steklo je material, ki navduši s preprostostjo in toplo-hladno eleganco in se lahko vklopi v vsak sodoben ambient. Priljubljeno je tudi zaradi široke palete barv in estetskega vtisa, ki ga nudi kombinacija stekla s svetlobnimi telesi, kar sleherni prostor oplemeniti z izvirnostjo.

Danes se steklo poleg že uveljavljene uporabe kot material za notranja vrata in steklene zidake vse bolj uporablja kot pregrada (najsi gre za popolnoma prozorne, peskane, obarvane, ravne, gladke ali hrapave mat površine ...) ali kot osrednji del konstrukcij stopniških ograj. Vse pogosteje ga najdemo tudi v zidnih nišah, kjer lahko postavimo dekorativne predmete (skulpture, kamne ...), obsijane z lučkami. V takšnih interierjih je steklene elemente dobro povezati s preostalim prostorom tako, da ga opremimo na primer s steklenimi policami ali stekleno klubsko mizico.

Zelo učinkovito deluje tudi stena, na katero je pritrjeno steklo v različnih barvah, v obliki kock enake ali različne velikosti. Še posebej pridejo do izraza s svetili ali svečami obsijani kosi stekla na večjih stenskih površinah. Stekleni zidovi so na voljo tudi v obliki mozaika (<http://www.zurnal24.si/dom/lepota-stekla-146927/clanek>, 30. 4. 2011).

Zaradi potrebe po čedalje večji praktičnosti je uporaba stekla pri notranji opremlitvi v porastu: od pohištva do dekorativnih predmetov, steklenih pregrad, pultov, stopnic, polic, miz in mizic, ograj, vitrin, do kuhinje ali dnevne sobe, steklene v celoti. Da o razmahu neverjetnih oblik steklenih kozarcev, skodelic, krožnikov, vaz, steklenih mozaikov in svečnikov sploh ne govorimo. Stekleno pohištvo odseva gibanje figur in njihovih senc, ki jih riše svetloba, zato se jim je zelo težko upreti. Čeprav na prvi pogled deluje hladno, se kmalu izgubimo v njegovem magičnem odsevu, ki optično poglobi prostor in mu doda dinamičnost in navidezno gibanje. Podobnega učinka, kot se ga doseže s pomočjo kakšnega steklenega kosa pohištva v prostoru, ni možno doseči z nobenim drugim materialom. Steklo je transparentno, deluje nevsiljivo in elegantno. Učinek, ki ga dosežemo s takim materialom, je zato zelo estetski.

Prednost stekla je nedvomno v možnosti nezapletene obdelave. Steklo kot material dopušča možnost najrazličnejših oblik, dopolnjevanje izbočenih in usločenih oblik z ravnimi linijami,

različne barvne kombinacije in kombinacijo transparentnega stekla z netransparentnim. Sodobna tehnologija je ta krhki material spremenila v čvrstejšega in stabilnega, kar omogoča uporabo stekla kot gradbeni element tudi pri gradnji modernih steklenih hiš.

-  <http://www.vitrum.ws/zanimivosti.htm>
-  <http://www.youtube.com/watch?v=-Hid5QTbbCo&NR=1>
-  <http://www.youtube.com/watch?v=cg7nkQwn3Gs>
-  [http://www.youtube.com/watch?v=T\\_02jFE0XWg&feature=related](http://www.youtube.com/watch?v=T_02jFE0XWg&feature=related)
-  <http://www.youtube.com/watch?v=xWZh7RXkW0I&feature=related>
-  <http://www2.arnes.si/~dgjura1/steklo.html>
-  <http://sl.wikipedia.org/wiki/Steklo>
-  <http://www.kemija.org/index.php/kemija-mainmenu-38/24-kemijacat/57-tipi-in-uporaba-stekla>
-  [http://hise.freevar.com/steklo\\_gradbeni\\_material.htm](http://hise.freevar.com/steklo_gradbeni_material.htm)
-  [http://www.gimvic.org/projekti/projektno\\_delo/2004/2d/barvevinterierih/stran1.htm](http://www.gimvic.org/projekti/projektno_delo/2004/2d/barvevinterierih/stran1.htm)
-  <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT155.htm>
-  [http://www.les.bf.uni-lj.si/fileadmin/datoteke\\_asistentov/srudolf/POHI\\_TVO/Steklo\\_in\\_pohi\\_tvo1.doc](http://www.les.bf.uni-lj.si/fileadmin/datoteke_asistentov/srudolf/POHI_TVO/Steklo_in_pohi_tvo1.doc)

### Vprašanja za ponovitev

- Razmislite o lastnostih stekla.
- Primerjajte vrste stekla in možnosti uporabe.
- Analizirajte načine oblikovanja stekla.
- Razmislite o možni uporabi stekla pri oblikovanju izdelkov.
- Primerjajte steklo z ostalimi možnimi materiali pri izdelavi izdelkov.

## 4 KERAMIKA

*Vsebina poglavja:*

- Lastnosti keramike
- Surovine za izdelavo keramike
- Načini oblikovanja keramike
- Možnosti uporabe keramike

*V poglavju boste:*

- spoznali sestavine keramike,
- razumeli različne načine ustvarjanja s keramiko,
- spoznali področja uporabe keramičnih izdelkov,
- analizirali priložnosti za oblikovanje keramičnih dodatkov.

»Z besedo keramika označujemo celotno področje industrije gline, torej vse, kar je narejeno iz oblikovane, žgane gline ali mešanic glin. To je področje, ki zajema izdelke od navadne opeke do najfinejšega porcelana. Beseda »keramika« izvira iz starogrške besede »keramos«, ki je sprva pomenila rog za pitje, pozneje še glino in lončarske izdelke. V grobem zajema ves proces izdelave keramičnih izdelkov tri segmente: oblikovanje, dodelavo površine in žganje« (Horvat, 1999, 15).

Danes delimo keramiko v dve osnovni skupini keramičnih materialov, in sicer v:

- tradicionalno ali klasično keramiko in
- sodobno ali tehnično keramiko.

**Klasična keramika** zajema surovine in proizvode na osnovi gline, kot so kamnina, lončevina porcelan, ploščice, opeka in strešniki. Klasično keramiko štejemo med najstarejše obrti, saj arheologi menijo, da so najstarejše opeke, ki so jih odkrili, stare 15.000 let. V novejšem času pa se močno razvija tehnična keramika, ki navadno ni izdelana iz gline, ampak iz raznih oksidov, kot so na primer korund in cirkonijev oksid, pa tudi iz različnih karbidov in nitridov.

**Tehnično keramiko** dalje delimo v keramiko z uporabnimi mehanskimi lastnostmi (inženirska keramika), keramiko, uporabno v elektroniki in druge, kot so na primer biokeramika in nuklearna keramika (Bezjak, 1997).

## 4.1 LASTNOSTI KERAMIKE IN SUROVINE

Keramika je obstojna pri visokih temperaturah, je trda in ima visoko tlačno trdnost. Odporna je proti abraziji in koroziji. Ima nizko specifično težo. V principu so keramični materiali električni izolatorji. Osnovna pomanjkljivost keramičnih materialov je krhkost in s tem povezana tudi majhna odpornost proti temperaturnim spremembam.

Keramika ima tudi nekatere specifične lastnosti, zaradi katerih je nenadomestljiva. Keramiki skušajo z razvojem novih vrst keramike in izboljšanjem tehnologije izdelave ter prilagajanjem oblike keramičnih izdelkov različnim obremenitvam kar se da omejiti vpliv negativnih lastnosti (Bezjak, 1997).

Keramične surovine so naravne in sintetične. Primer naravne surovine je glina, primer sintetične pa silicijev karbid, ki ga dobimo z reakcijo kremenca in koksa pri 2000 °C.

Najbolj razširjene keramične surovine so:

- gline in kaolini,
- kremen,
- glinenci,
- lojevec,
- kalcijeve in magnezijeve spojine,
- surovine sodobne tehnične keramike (Bezjak, 1997).

### 4.1.1 Gline in kaolini

Glina je skupno ime za razkrojene kamnine. Sestavljena je iz zelo drobnih delcev, pogosto koloidne velikosti, različnih glinenih in drugih mineralov. Zaradi primesi je različnih barv, od skoraj črne, preko sive do modrikaste in rdeče barve. Glina vpije velike količine vode in postane pri tem plastična, vode pa ne prepušča.

Široka uporabnost glin v klasični keramiki temelji na plastičnosti in ognjestalnosti. Plastičnost vlažne gline omogoča lahko oblikovanje. Značilno za gline je, da izdelek ohrani obliko in ustrezno trdnost tudi po sušenju in ravno v tem se glina razlikuje na primer od mivke. Če

naredimo predmet iz vlažne mivke, se bo ta, ko se bo posušil, podrl. Izdelek, ki je narejen iz gline, pa je dovolj trden in ohrani svojo obliko.

Druga pomembna lastnost glin je, da se pri segrevanju razkrajajo in se talijo pri visoki temperaturi, ponavadi v širokem temperaturnem intervalu. Izdelki se zgostijo in utrdijo, ne da bi izgubili obliko (Bezjak, 1997).

#### **4.1.2 Kremen**

Kremen(-ica)  $\text{SiO}_2$  sodi med najpomembnejše neplastične surovine za izdelavo klasične keramike. Je bistvena sestavina stekla, glazur, abrazivov, ognjestalnih gradiv in različnih tipov keramike, predvsem kamenine in porcelana. V keramičnih masah ga dodajajo plastičnim komponentam, zmanjša skrčitev pri sušenju in poveča obstojnost oblike izdelka med žganje. V naravi nastopa kremen v različnih oblikah, od velikih prozornih monokristalov (kamena strela) do navadne mivke. Za keramično industrijo so pomembni predvsem čisti kremenovi peski in kremenovi konglomerati ali kvarciti, sestavljeni iz drobnih, med seboj zlepljenih zrn. V industriji porcelana uporabljamo čisti kremenov pesek (Bezjak, 1997).

#### **4.1.3 Glinenci**

Glinenci so pomembna sestavina keramičnih mas. Osnovna receptura klasičnega porcelana je 50 % gline in kaolina ter 25 % kremenca in 25 % glincev. Glinenci povzročajo v keramičnih masah že pri relativno nizkih temperaturah žganja nastanek taline, ki pospeši sintranje in zasteklitev črepinje. Zato se glinenci uporabljajo kot talila. So tudi pogosto sestavina glazur (Bezjak, 1997).

#### **4.1.4 Lojevec**

Lojevec je strukturno triplastni silikat. Je mehak in na otip daje značilen milnat občutek. Lojevec ni plastičen. Včasih ga dodamo glinam kot vezivo. Uporablja se za izdelavo nekaterih tehnično pomembnih keramik (steatit, korierit) (Bezjak, 1997).

#### **4.1.5 Kalcijeve in magnezijeve spojine**

Pomembne naravne surovine v keramiki so spojine kalcija in magnezija, predvsem kalcit, magnezit in dolomit. Pri žganju razpadejo karbonati v okside z visokim tališčem. Oba oksida sta močno bazična in tvorita s kremenico silikate z razmeroma nizkim tališčem, zato sta pomembni sestavini stekel in glazur (Bezjak, 1997).

### **4.2 OBLIKOVANJE KERAMIČNIH IZDELKOV**

Tehnika oblikovanja keramičnih izdelkov je odvisna od velikosti, oblike in dimenzijskih toleranc izdelka, od pričakovane mikrostrukture, procesa oblikovanja in produktivnosti. Tehnike oblikovanja keramike lahko razdelimo v tri osnovne skupine (Bezjak, 1997):

- stiskanje,
- hidroplastično ali plastično oblikovanje,
- vlivanje suspenzij.

Pri **stiskanju** ločimo enoosno in izostatsko stiskanje. Pri enoosnem stiskanju delujemo s tlakom iz ene, pri izostatskem pa iz vseh smeri. Enoosno stiskamo v jeklenih ali vidia orodjih. Z izostatskim stiskanjem izdelujemo izdelke kompliciranih oblik in izdelke z velikim razmerjem dolžina/premer.

**Vroče stiskanje** je oblikovanje izdelkov iz prahu s stiskanjem pri višji temperaturi. Ob istočasni uporabi tlaka poteka zgoščevanje pri bistveno nižji temperaturi kot pri običajnem atmosferskem tlaku. Navadno dosežemo pri vročem stiskanju visoko gostoto izdelka.

Če oblika izdelka dovoljuje, ga lahko oblikujemo z **iztiskavanjem (ekstruzijo)**. V ekstrudorju potiskamo maso skozi šobo primerne oblike in jo nato razrežemo na kose. Tako izdelujemo na primer palice, cevi.

Oblikovanje keramike z **brizganjem** je podobno brizganju plastičnih mas. Bistvo postopka je vbrizgavanje vroče nizko viskozne mase v hladno matrico, kjer se masa strdi. Trdnost mora biti dovolj velika, da lahko izdelek odstranimo iz modela, ne da bi se poškodoval. Injekcijsko brizganje je primerno za oblikovanje manjših izdelkov zahtevnih oblik in velikih serij.

**Vlivanje** je tradicionalna tehnika oblikovanja keramičnih izdelkov. Ima številne prednosti. Je idealna za oblikovanje tankostenskih, kompliciranih izdelkov z enakomerno debelino stene. Model iz mavca je poceni. Zato je metoda posebno primerna za izdelavo prototipov in manjših serij. Metodo uporabljamo pri izdelavi okrasne keramike, v velikoserijski proizvodnji gospodinjske in klasične keramike (skodelice, vrči, umivalniki ...), pri proizvodnji ognjestalnih izdelkov kompliciranih oblik. Tehnologija vlivanja obsega pripravo stabilnih suspenzij keramičnega prahu v primerni tekočini in vlivanje suspenzije v porozne modele.

Z impregnacijskim postopkom naredimo predmet nepropusten, kar je nujno pri posodah. To lahko naredimo s pomočjo glajenja – loščenja predmeta v vlažnem stanju, tako da površino zgladimo z gladkim trdim predmetom ali namenskim orodjem in mu zapremo pore. Z glajenjem lahko v predmet vtremo tudi pigmente, kovinske okside in podobno. Predmet lahko glaziramo ali prekrijemo z engobo ali drugo prevleko, odvisno od vrste keramike. S pojmom dekoracija so mišljeni tisti postopki, s katerimi skušamo predmet zavestno olepšati. Predmete lahko okrasimo z vrezovanjem ali vtiskavanjem, nanje lahko nanašamo plastično glineno dekoracijo. Dodajamo lahko vložke iz gline druge barve ali iz kovine. Za dekoracijo najpogosteje uporabljamo engobe in glazure. **Engoba** je tehnika okraševanja, kjer je fino zrnata glina zmešana z vodo v gosto zmes in nanesena na površino predmeta. V ta namen lahko uporabljamo glin, ki so svetlejšje od keramičnega telesa, da predmet posvetlimo in nanj nanašamo dekoracijo ali z uporabo raznobarnih engob oblikujemo vzorce. Po žganju površina predmeta ni gladka in svetleča, zato jo po potrebi prekrijemo s prosojno glazuro. **Glazura** pa je v bistvu na površino predmeta nanesena plast stekla. Zadnjo fazo dekoracije ponavadi predstavlja **pozlata**, kjer zlato nanašamo v tekočem stanju in ga moramo po žganju polirati, da se zasveti. Včasih so zlato nanašali v obliki zlatih lističev ali prahu na razne oljne in druge mase (<http://www.sms-muzeji.si/udatoteke/publikacija/netpdf/2-3.pdf>, 26. 4. 2011).

### 4.3 UPORABA KERAMIKE

Pojem »konstrukcijska keramika« je iznajdba, ki se pojavlja v novejšem času. Zajema keramične izdelke, ki morajo prenašati predvsem mehanske obremenitve. Keramična gradiva so za nekatere namene uporabe v tehniki že od vsega začetka razvoja tehnologije nenadomestljiva, kajti prednost keramike pred drugimi materiali je v obstojnosti pri visokih temperaturah in korozijski obstojnosti. Tako keramične izdelke uporabljajo na različnih tehnoloških področjih (Bezjak, 1997).

Ob besedi keramika večina ljudi pomisli na keramične izdelke, s katerimi se vsakodnevno srečujemo v naših domovih – različno keramično in porcelansko posodje, keramični izdelki v sanitarnih prostorih, ipd. Med strukturno keramiko štejemo še gradbeno in strešno opeko, ploščice za talne in stenske obloge. V resnici je keramika še mnogo več. Sodobno tehnično, inženirsko in visokotemperaturno keramiko srečamo npr. v avtomobilskih motorjih, pri vesoljski tehniki, elektroniki, biomedicini (kostni ali zobni implatanti). V lesnopredelovalni industriji je keramika pomembna tudi kot material za razna orodja. V kombinaciji z lesom pa srečamo relativno majhno število keramičnih materialov (Petrič, 2008).



Slika 20: Posoda zlato jabolko (porcelan, pozlata)

Vir: <http://www.darila-kogoj.com/keramika1.htm>, 26. 4. 2011

Keramični izdelki pa so vseskozi že imeli svojo uporabno funkcijo tako v gospodinjstvu kot pri okraševanju. Tako tudi danes izdelki iz keramike sooblikujejo in slogovno zaokrožajo tako zunanost kot notranost naših bivalnih, poslovnih in drugih prostorov. Jih krasijo in hkrati ščitijo. Skoraj praviloma danes uporabljamo keramiko kot talne oz. stenske obloge, pa tudi za oblaganje peči, kaminov ...

Keramične izdelke uporabljamo na različnih področjih, in sicer kot:

- izdelke široke potrošnje – posoda, jedilni servis,
- gradbeno keramiko – opeko, ploščice,
- ognjestalne izdelke – silikatna, šamotna, magnezitna, korundna opeka itd.,
- tehnične izdelke – trdi porcelan, steatitni in kordieritni izdelki, tehnično steklo,
- abrazivne in keramične izdelke,
- emajle,
- magnetno keramiko,
- nuklearno keramiko,
- ognjestalno neoksidno keramiko,
- elektronsko keramiko,
- molekularna sita,
- monokristale in
- zeolite (Žnidaršič, 2009).

### **Vprašanja za ponovitev**

- Razmislite o lastnostih keramike in njihovi uporabi.
- Primerjajte različne oblike keramičnih izdelkov.
- Analizirajte načine oblikovanja keramike.
- Primerjajte keramiko z ostalimi materiali pri izdelavi dodatkov ali izdelkov.
- Razmislite o možni uporabi keramike pri oblikovanju pohištva.

## 5 KOVINE

*Vsebina poglavja:*

- Železove kovine
- Neželezove kovine
- Aluminiij, baker, medenina, bron
- Uporaba kovin

*V poglavju boste:*

- spoznali kovine v različnih oblikah,
- razumeli delitev kovin glede na lastnosti,
- primerjali najpogostejše kovine glede uporabnosti,
- znali izbrati primerno kovino za izdelke ali dodatke izdelkom.

Kovine so kemijske prvine, ki so pri navadni temperaturi trdne, imajo izrazit sijaj in dobro prevajajo toploto in elektriko. Izjema je le živo srebro. Za večino kovin sta značilni določena plastičnost in trdnost, to sta lastnosti, ki sta zelo pomembni pri tehnični uporabi. Meje med kovinami in nekovinami ne moremo ostro začrtati. Po kemičnih lastnostih jih ločimo tako, da oksidi kovin večinoma dajejo baze, oksidi nekovin pa kisline. V praksi čiste kovine uporabljamo le izjemoma. Največkrat uporabljamo zlitine (legure). To so snovi, ki so sestavljene iz osnovne kovine in legirnih elementov, ki so lahko kovinski ali nekovinski. (Kresal, 2002).

Proizvodnja in uporaba kovin segata v daljno preteklost. Človek je začel zelo zgodaj uporabljati zlato, baker in srebro, ker se te kovine v naravi nahajajo tudi v samorodni obliki. Za njihovo uporabo ni potreboval tehnik taljenja, saj jih je lahko preoblikoval že s kovanjem. Poznejše ugotovitve, da se kovine lahko toplotno obdelujejo in jih je mogoče taliti, so pripeljale do spoznanja, da je njihove lastnosti mogoče spreminjati z medsebojnim mešanjem. Ljudje so dolgo poznali samo šest kovin (zlato, baker, srebro, svinec, kositer, železo). Baker je bil ena od prvih kovin, ki jo je človek začel izkoriščati. Kovine so uporabljali samostojno ali pa so jih mešali med seboj v zlitine bodisi naključno bodisi namenoma. Iz njih so izdelovali orodje, nakit, posodje, orožje, kozmetične in medicinske pripomočke, glasbila, z njimi so okraševali predmete iz lesa in kamna, oblikovali umetniške predmete in seveda kovali denar (<http://www.sms-muzeji.si/udatoteke/publikacija/netpdf/3-1.pdf>, 17. 4. 2011).

Kovine je človek odkril kasneje kot les. Zaradi njihovih lastnosti in težavnosti pridobivanja jih ni tako množično uporabljal. Šele z razvojem kovinske industrije v 19. stoletju je prišlo do bolj množične uporabe kovin. Sčasoma so našle svoje mesto tudi kot pohištvo. Kovinsko pohištvo je sicer bolj redko. Bolj kot v obliki pohištva se kovine uporabljajo za pohištvene dodatke. Kovane kljuge vrat, lestenci, obrobe ipd. najdejo mesto v marsikaterem domu (<http://www.slonep.net/dom-in-oprema/urejanje/kovine>, 2. 5. 2010).

Tako lahko kovinske materiale štejemo med snovi, katerih poznavanje in razvoj je najtesneje povezan z razvojem naše civilizacije. Tudi na področju lesarstva in kot material v izdelkih lesnopredelovalne in pohištvene industrije so neprecenljivega pomena. Pri tem lahko pomislimo na kovinska ogrodja pohištvenih elementov, razna vodila in ležaje, žičnike in vijake, vzmeti v oblazinjenem pohištvu (Petrič, 2008).

## 5.1 ŽELEZOVE KOVINE

Železove kovine razdelimo v tri skupine (Kresal, 2002):

- karbonska jekla,
- jeklove zlitine,
- lita železa.

**Karbonska jekla** so najcenejša in najpogosteje uporabljena vrsta jekel. Trdnost jekel je odvisna predvsem od količin ogljika. Imajo razmeroma nizko trdoto, ki upada z zviševanjem temperature. Pri nizkih temperaturah so krhka. Občutljiva so na korozijo v večini okolij.

V skupino **jeklovih zlitin** sodijo nizko legirana jekla (jekla z nizko vsebnostjo ogljika) in nerjavna jekla. Ta vsebujejo nikelj ali krom, zaradi česar se proces korozije upočasni.

**Lita železa** vsebujejo v glavnem železo, ogljik in silicij. Ogljik se nahaja v različnih oblikah, zato razvrstimo litine v več skupin (siva litina, bela litina). Značilne lastnosti so: dobra

vlivnost, visoka upogibna trdnost, obrabna trdnost pri majhni zmožnosti preoblikovanja, odpornost za korozijo.

Jeklo je, prav tako kot siva in bela litina, železova zlitina. Poleg železa je najpomembnejši zlitinski element v jeklu ogljik. Jekla so v splošnem elastični materiali z visoko natezno trdnostjo, a hkrati lahko dosežemo tudi njihovo visoko trdoto. Jeklo lahko oblikujemo v vročem z vlivanjem, kovanjem, valjanjem in stiskanjem; v hladnem z vlečenjem, stiskanjem, valjanjem in odrezovanjem. Jekla srečamo tudi v izdelkih pohištvene industrije, kot so ogrodja za mize, stole, vzmetna jekla (Petrič, 2008).



Slika 21: Stol z jeklenim ogrodjem

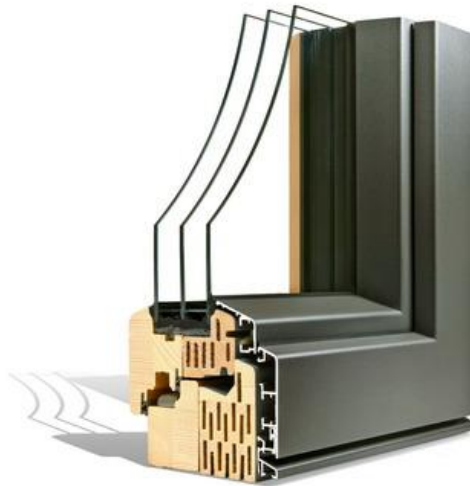
Vir: <http://www.vebo.si/3/vrtni-stoli-za-gostinstvo> (25. 4. 2011)

## 5.2 NEŽELEZOVE KOVINE

Neželezove kovine so vse lite kovine in zlitine, ki ne vsebujejo železa. Večinoma so uporabne kot zlitine, le redko v čisti sestavi. Za konstrukcijske namene se uporabljajo aluminij, berilij in titan. Nikelj in svinec imata zelo široko področje uporabnosti, v graditeljstvu se uporabljajo še medenine, bron, cink, kositer, krom, magnezij, titan (Kresal, 2002).

**Aluminij** je v zemeljski skorji prisoten v neizčrpnih količinah, vendar se za proizvodnjo uporablja le boksit, ki ima 20–30 % vsebnosti aluminijskega oksida. Čisti aluminij je malo uporaben, ker ima premajhno trdnost. Že z malimi dodatki drugih kovin dobimo bistveno višjo trdnost, izboljšajo se tudi druge lastnosti. Zlitine aluminijske se lahko oblikujejo v polprodekte (z valjanjem, iztiskovanjem, vlečenjem, litjem) in dobro površinsko zaščitijo (z eloksiranjem, barvanjem, plastificiranjem). Aluminij ima nekatere odlične lastnosti: majhno težo, primerno trdnost, odpornost na korozijo, lahko vzdrževanje. Mogoče ga je dobro oblikovati, obdelovati in površinsko zaščititi. Izredno dobro ga lahko kombiniramo s steklom in plastičnimi materiali (Kresal, 2002).

**Baker** – bakrene zlitine sodijo med najstarejše kovine, ki jih človek uporablja. Z legiranjem se bakru zvišujejo trdnost, trdota, obdelovalnost, izgled in cena. Baker se lahko lota in razi. Baker (prevlečen s patino) je odporen proti plinom, vodnim raztopinam, morski vodi, organskim kislinam, bazam in solem. Ni odporen proti kislinam, ki oksidirajo, amonijevim spojinam in žveplu. Zaradi obstojnosti v graditeljstvu velja kot ena najboljših pločevin za prekrivanje streh (Kresal, 2002).



Slika 22: Alu–les okno

Vir: [http://www.m-sora.si/programi/okna\\_in\\_vrata/okna/alules\\_okna.aspx](http://www.m-sora.si/programi/okna_in_vrata/okna/alules_okna.aspx) (25. 4. 2011)

**Medenine** so zlitine bakra in cinka z manjšim deležem ostalih kovin. Poznamo več vrst medenin z različnimi razmerji baker : cink, ki imajo specifično vrsto uporabe. Rdeča medenina (tombak) se uporablja v pasarskih izdelkih, rumena za cevi in odlitke, arhitekturna medenina za okrasje. Medenine imajo podobne korozijske lastnosti kot baker (Kresal, 2002).

V lesarstvu uporabljamo medenino za razne okrasne predmete, vijake, okensko in vratno okovje.

**Bron** je zlitina bakra in drugih kovin, zlasti je pomemben kositer, ki zvišuje trdnost in trdoto. Prisotnost drugih legirnih elementov (fosfor, silicij, cink) določa specifičnost uporabe. Zvonovina se uporablja za litje zvonov, kiparski bron za izdelavo kipov, plaket, vijakov. Bron ima podobne korozijske lastnosti kot baker, s tem da je še bolj obstojen (Kresal, 2002).

**Krom** je tretji najtrši element za borom in diamantom. Uporablja se kot legirni element za sestavljanje korozijsko odpornih zlitin in izdelavo zaščitnih prevlek za druge kovine. Zelo je odporen proti atmosferskim vplivom, proti vsem oksidacijskim snovem in kemikalijam, tudi pri visoki temperaturi (Kresal, 2002).

Zlato, srebro in platino imenujemo s skupnim imenom **plemenite, žlahtne ali drage kovine**. Večinoma se uporabljajo za izdelavo nakita in kovancev, so pa tudi legirni elementi v zlitinah širše uporabnosti in v zaščitnih prevlekah. Te kovine so izredno odporne proti koroziji. Le srebro je občutljivo proti žveplovodiku, že majhne količine povzročijo, da potemni (Kresal, 2002).

### 5.3 UPORABA KOVIN

Kovinski izdelki so naši pogosti sopotniki, saj se pojavljajo kot notranja in zunanja oprema, hkrati pa so tudi dekorativni dodatki. Pri opremljanju notranjih prostorov se mnogokrat odločamo za kovinske stopniščne ograje in kovinske konstrukcije panoramskih sten. Stavbno pohištvo v kombinaciji les-PVC-aluminij združuje kakovost in prednosti vseh treh uporabljenih materialov v vrhunski izdelek, lahko pa se odločimo za stavbno pohištvo iz

enega samega materiala (npr. aluminij). Kovana vrtna in dvoriščna vrata ter kovinski paviljoni dajejo zunanjemu ambientu še poseben čar.

K notranji opreми sodijo tudi svetila, ki izdelana iz različnih kovin ali drugih materialov ustvarijo celotno podobo in vzdušje v prostoru.



Slika 23: Vrtni paviljon

Vir: <http://www.decor-medley.com/patio-furniture.html> (30. 4. 2011)

Kovinsko pohištvo se pretežno uporablja v dveh primerih: kjer potrebujemo vzdržljivost in kjer želimo nekaj zaščititi. Najpogosteje se uporabljajo različne oblike železa, v nekaterih primerih pa tudi aluminij. Doma največkrat uporabljamo kovinsko pohištvo na vrtu, kjer potrebujemo na vremenske razmere odporno pohištvo. V nekaterih primerih je pohištvo (v večini primerov gre za sedežne garniture) v celoti iz kovine, v nekaterih primerih pa je iz kovine le del pohištva (npr. noge). Takšno pohištvo ni le odporno, temveč tudi lepo na pogled. Tanke linije, ki jih omogoča vzdržljivost materiala, vnašajo eleganco na vrt ali na teraso. Višjo ceno odtehta dolgotrajnost takšnega pohištva. Tudi v sobah je mogoče imeti kovinsko pohištvo. Največkrat gre za omarice, ki imajo kovinski okvir, večje površine pa so iz stekla ali lesa. Večinoma gre za ročno izdelavo (<http://www.slonep.net/dom-in-oprema/urejanje/kovine>, 2. 5. 2010).



Slika 24: Kovinsko pohištvo

Vir: <http://www.metaldesign.si/sl/Izdelki/KLASIK/Vrtne+garniture/248> (24. 4. 2011)

V skladiščih in delavnicah pogosto zasledimo enostavno kovinsko pohištvo v obliki polic in samostoječih polic. Zaradi možnosti različnega sestavljanja so zelo priljubljene. Standardni sestavni deli omogočajo različno gostoto postavitve polic. V kopališčih, telovadnicah in v podobnih ustanovah se uporabljajo kovinske omarice za shranjevanje garderobe. Kovinsko pohištvo je tudi primerno za shranjevanje vrednejših stvari. Najbolj so poznani sefi, ki jih sicer težko štejemo med klasično pohištvo, bližje pa so t. i. varne omare, ki so večje kot sefi, a imajo tanjše stene. Kljub temu so primerne za hrambo nekaterih vrednejših stvari, še posebej, če so ognjevzdržne. Velika prednost kovinskega pohištva je njegova dolga uporabnost (<http://www.slonep.net/dom-in-oprema/urejanje/kovine>, 2. 5. 2010).

### **Vprašanja za ponovitev**

- Definirajte lastnosti železovih in neželezovih kovin.
- Analizirajte možnosti uporabe kovin pri oblikovanju pohištva.
- Razmislite o prednostih uporabe kovinskih izdelkov.

## 6 NARAVNE KAMNINE

*Vsebina poglavja:*

- Magmatske kamnine
- Sedimentne kamnine
- Metamorfne kamnine
- Lastnosti in uporaba naravnega kamna

*V poglavju boste:*

- spoznali vrste naravnih kamnin,
- primerjali uporabno vrednost posameznih kamnin,
- analizirali primernost uporabe kamnin pri oblikovanju.

Naravni kamen je zaradi svoje barvne raznolikosti, strukture in različnih vzorcev pravo čudo narave, ki ga lahko uporabimo pri zgradbah in za opremo bivalnih prostorov. Dandanes doživlja naravni kamen pravcat preporod. Človek se vedno bolj usmerja k naravnim materialom. Tako tudi ugled naravnega kamna močno narašča. Različne možnosti uporabe in trajnost materiala prav tako prispevajo k vedno večji priljubljenosti tega naravnega materiala. Poleg tega pa je naravni kamen izredno kvaliteten in trajno lep gradbeni material.

Naravne kamnine so izredno dekorativen material, ki ga uporabljamo v različne namene, mnogokrat kot samostojne izdelke ali pa v kombinaciji z drugimi materiali.

Naravna kamnina je naravna snov, agregat, sestavljen iz drobnih zrn (kristalov) ene ali več različnih vrst mineralov. Mineral je definiran kot naravna snov, ki je rezultat geološkega procesa in ima bolj ali manj stalno kemično sestavo. Bistvena razlika med mineralom in kamnino je v tem, da ima mineral določeno strukturo in kemično sestavo, kamnina pa je agregat, skupek enega ali več mineralov. Npr. apnenec je sedimentna kamnina, ki jo večinoma sestavlja mineral kalcit (Petrič, 2008).

Kamnine so redko sestavljene izključno iz enega samega minerala. Pogosteje v njih nastopa več mineralov, vendar prevladujoči mineral določa bistvene lastnosti kamnine, primesi pa lahko na lastnosti vplivajo ali kvarno ali dobro.

Glede na pogoje pri nastanku razvrščamo kamnine v naslednje skupine:

- magmatske kamnine,
- sedimentne kamnine,
- metamorfne kamnine.

## 6.1 MAGMATSKE KAMNINE

so nastale s strjevanjem magme, pri čemer so kristalizirale ali pa ne. Če so nastale iz magme, ki se je ohladila in strdila v notranjosti Zemlje, jih imenujemo globočninske magmatske kamnine ali kratko kar **globočnine**. Za globočnine je značilna grobozrnata oblika in zrna v kamnu običajno lahko opazimo kar s prostim očesom (Petrič, 2008).

Najbolj znani predstavniki so: granit, gabro, sienit, peridotit, diorit.

**Predornine** so magmatske kamnine, ki kristalizirajo na površini zemeljske skorje. Med potjo na površje kristalizirajo najprej nekateri minerali, ki zato lahko tvorijo večje kristale. Tako nastane porfirna struktura, steklasta struktura pa nastane ob hitrem razlitju lave na površino (magma v tem primeru med procesom ohlajanja na površini ni kristalizirala). Najbolj znani predstavniki predornin so: riolit, dacit, trahit, andezit, bazalt, porfir, lava, tuf, plovec (Kresal, 2002).

Za magmatske kamnine ponavadi uporabljamo kar izraz »graniti«. V resnici je granit ena vrsta kamnine. Temeljne značilnosti granitov so, da so trdi materiali z visoko gostoto, neporozni in odporni proti različnim kemikalijam. Iz omenjenih lastnosti izhaja tudi aplikativna vrednost granitov. Slaba lastnost granitov je predvsem njihova visoka cena, ki je posledica zahtevnih in dragih postopkov predelave. Pri razrezu pridejo namreč v poštev samo diamantna rezila in diamantne polirne paste za poliranje (Petrič, 2008).

Beseda granit je nastala iz latinskega izraza granum – zrno. Je masivna, drobno, srednje in grobozrnata kamnina, sestavljena iz kremenjaka, živca in sljude. V kamnini prevladuje kremenjak, ki ji daje najboljše lastnosti – trdoto, trdnost in vremensko obstojnost. Sljuda (biotit, muskovit) na te lastnosti deluje kvarno, ker lahko prepereva. Čim manj je sljude, tem



Slika 25: Najpogosteje uporabljeni graniti  
Vir: <http://www.k-zunko.si/granit.htm> (12. 4. 2011)

bolj je granit obstojen. Granitu škodujejo tudi primesi železovega in bakrenega kršca, še posebej železovega kršca, ki hitro oksidira, tvori rjaste madeže in načenja vremensko obstojnost kamnine. Vremenska odpornost in tlačna trdnost je pri drobno in srednjezrnatih granitih večja kot pri grobozrnatih.

Obrabnost je majhna, zato je granit uporaben za gradbene elemente, ki so zelo izpostavljeni obrabi, na primer v prometu (tlakovanje cestišč, obrobni kamni), za prage, pohodne ploskve stopnic ipd., zaradi visoke tlačne trdnosti pa je cenjen tudi kot konstrukcijska kamnina za ležišča, podlage ipd. Granit je tudi cenjena kamnina za okrasne namene (<http://www.salonkamna.si/naravni-kamen>, 3. 3. 2011).

## 6.2 SEDIMENTNE KAMNINE

Sedimentne kamnine nastanejo z odlaganjem (sedimenti, usedline) blizu površja in jih je zato na zemeljski površini kar okrog 75 %. Po videzu se sedimentne kamnine ločijo od drugih kamnin, ker imajo pogosto plastovito strukturo, lahko vsebujejo tudi fosile. Sedimenti in iz njih nastale kamnine nastanejo s procesi preperevanja, transporta in odlaganja preperelega materiala z usedanjem ali sedimentacijo in na koncu s strjevanjem (Petrič, 2008).

**Klastični sedimenti** nastajajo z razpadanjem drugih kamnin ali mineralov v manjše kose, sčasoma se lahko povežejo v drug material večje ali manjše trdnosti (Kresal, 2002).

Vrste klastičnih sedimentov:

- a) nevezani klastični sedimenti:
  - prod (veliki zaobljeni kosi)
  - pesek (drobna zrna različne zaobljenosti)
  - mivka (majhna zrna)
- b) polvezani klastični sedimenti (glina)
- c) vezani klastični sedimenti:
  - konglomerat (zaobljena zrna večja od 2 mm)
  - breča (oglasta zrna večja od 2 mm)
  - lapor (zrna manjša od 0,002 mm, delno glina, delno apnenec)

**Neklastični sedimenti** nastajajo delno tudi mehanično, nato pa s kemičnimi procesi (izločanje iz raztopin) in organogeno v velikih sedimentacijskih bazenih. Najpogostejše neklastične sedimente kamnine so apnenec, dolomit, lehnjak, travetin, oniks ... (Kresal, 2002).

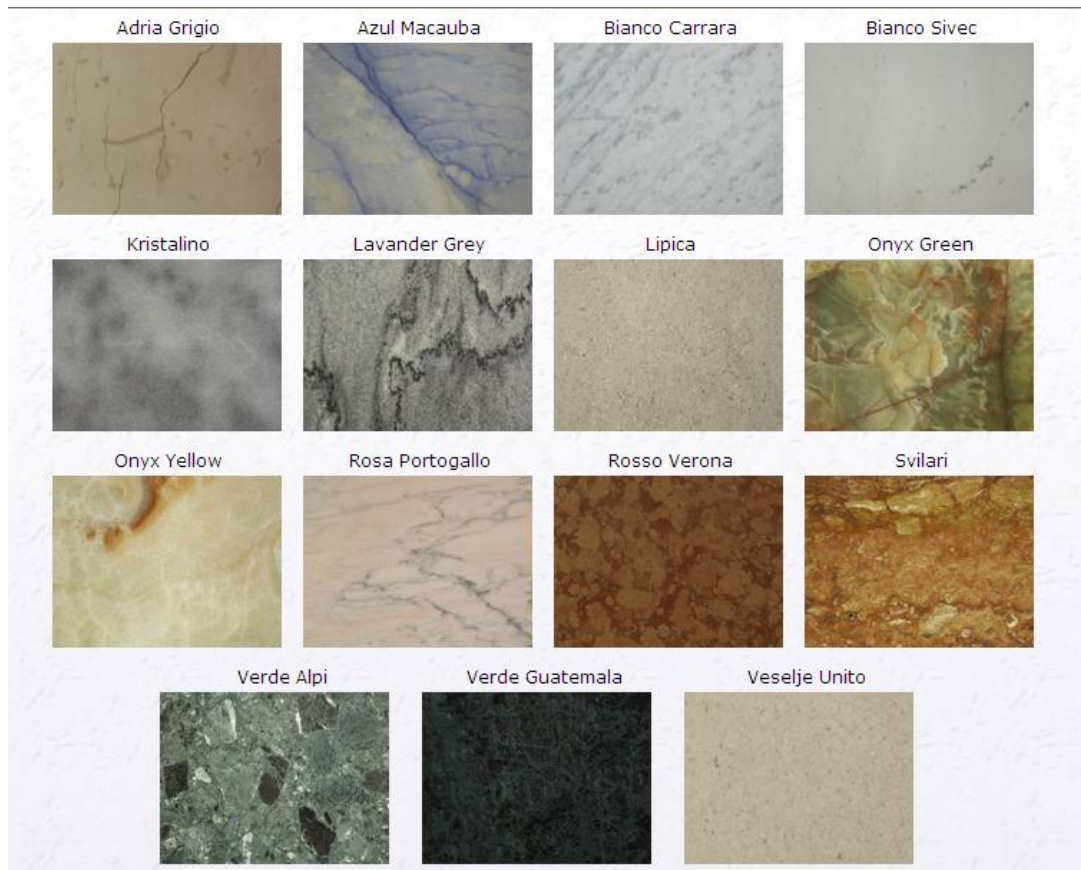
## 6.3 METAMORFNE KAMNINE

Metamorfne kamnine so nastale s preobrazbo magmatskih in sedimentnih kamnin. Predhodne kamnine ali minerali se zaradi izpostavljenosti visokim temperaturam in tlakom močno spremenijo. Najpomembnejša skupina metamorfnih kamnin so pravi **marmorji**.

Poleg marmorjev sodijo v to skupino še kvarcit, škrljavci, serpentin, gnajs.

Beseda marmor izvira iz beseden grškega izvora marmaros – kar pomeni bleščeč, lesketajoč. Marmor je metamorfna ali spremenjena kamnina, ki je nastala z rekristalizacijo apnenca ali

dolomita v večjih globinah, začeni pri kakih treh kilometrih. Čisti marmor je popolnoma bel, takšen je na primer svetovno znan carrarski marmor iz Italije, od koder je kamnite bloke za izdelavo kipov dobival tudi sliviti Michelangelo. Zaradi raznih mineralnih primesi se marmor različno obarva, spreminjanje pa povzroči značilne žile in lise. Estetski učinek mu dajeta prav tekstura in struktura, ki sta pri zglajeni površini bolj izraziti kot pri hrapavi. Marmor je lahko sestavljen iz kristalnih zrn calcita, to je kalcitni marmor, ali dolomita – dolomitni marmor (<http://www.salonkamna.si/naravni-kamen>, 3. 3. 2011).



Slika 26: Najpogosteje uporabljeni marmorji

Vir: [http://www.kamnosestvo-subic.si/index.php?option=com\\_content&task=view&id=22&Itemid=34](http://www.kamnosestvo-subic.si/index.php?option=com_content&task=view&id=22&Itemid=34)  
(24. 4. 2011)

Ime marmor se komercialno uporablja tudi za nekatere druge vrste naravnega kamna, predvsem za različne vrste apnencev, kar poudarja njihovo lepoto in žlahtnost, saj so marmorji po svojih lastnostih zelo podobni apnencem, le da so lepši in dražji. Slovenski marmorji tako v resnici niso metamorfne kamnine, temveč sedimentne (apnenci).

## 6.4 LASTNOSTI IN UPORABA NARAVNEGA KAMNA

Od vseh substanc, ki jih človek pridobiva iz zemeljske skorje, je daleč največ kamna. Kamen lahko označimo z dvema značilnima izrazoma: tehnični kamen in naravni kamen. Tehnični kamen se uporablja za izgradnjo cest, železnic, hidroobjektov itd. Naravni kamen je izraz, ki označuje kamen, kadar ima dekorativno vlogo (Kresal, 2002).

Granit je zaradi svoje sestave daleč najpogostejši in tehnično tudi najpomembnejši kamen. Zaradi svoje strukture, raznolikosti v barvah, svoje trdote in časovne obstojnosti je izredno primeren za notranje in zunanje površine. Uporabljamo ga povsod, kjer so velike mehanske in vremenske obremenitve. Okenske police iz kamna postajajo pomemben gradbeni element, saj je kamen odporen na zunanje vremenske vplive. Pri tlakih in stenskih oblogah, ki so izpostavljeni vlagi in soncu, je kamen, še posebej granit, odlična izbira. Naravni kamni svojo eleganco prefinjeno izražajo pri stopnicah, notranjih talnih oblogah, kuhinjskih in kopalniških pulatih ter drugih delovnih površinah. Hkrati so dobra izbira tudi zaradi preprostega čiščenja in vzdrževanja. Svojo estetsko vrednost pa prikazujejo pri različno oblikovanih stebrih, okenskih in vratnih portalih, zunanjih oblogah stavb ter pri dekorativnih izdelkih.



Slika 27: Stopnice

Vir: <http://www.k-zunko.si/stopnice.htm> (26. 4. 2011)

Pravi marmorji so praviloma zelo kompaktno kamnine, ki jih uporabljamo v arhitekturi v notranjosti zgradb (oprema prostorov) in za eksterier (fasadne obloge, nagrobniki, skulpture). Cenjeni so tudi manjši dekorativni izdelki iz marmorja.

Trdi apnenci so zelo kompaktno in trdne karbonatne in sedimentne kamnine, ki se zelo dobro polirajo, obdelujejo pa težje od marmorjev. Žal pa v eksterierju hitro spremenijo izgled, kar še posebej velja za barvaste variante, ki jih zato uporabljajo le v interieru (Kresal, 2002).



Slika 28: Terilnik za orehe

Vir: <http://www.darila-kogoj.com/keramika1.htm>, 26. 4. 2011

Sodobno oblikovan kamen postaja izziv za oblikovalce in uporabnike. Nove tehnike spretno združujejo kamen, les in železo. Umetniško delo išče novo izraznost, ustvarja nove predmete in odkriva nove uporabnosti kamna.

 <http://www.kamen.si/>

 [http://www.kamnosestvo-subic.si/index.php?option=com\\_content&task=view&id=22&Itemid=34](http://www.kamnosestvo-subic.si/index.php?option=com_content&task=view&id=22&Itemid=34)

### **Vprašanja za ponovitev**

- Razmislite o izvoru kamnin.
- Definirajte značilnosti magmatskih, sedimentnih in metamorfnih kamnin.
- Primerjajte granite in marmorje in razložite razlike.
- Analizirajte primernost različnih kamnin za izdelavo pohištvenih izdelkov.
- Razmislite o možnostih kombiniranja kamnin z drugimi materiali.

## 7 VIRI IN LITERATURA

Aberšek, B. *Tehnologija in obdelava gradiv*. Radovljica: Didacta, 1995.

Bezjak, J. *Materiali v tehniki*. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 1997.

Božičko, I. *Tvoriva*. Maribor: Lesarska šola Maribor, 2002.

*Celuloid film*. (online). (citirano 12. 4. 2011). Dostopno na naslovu: <http://www.google.si/imgres?imgurl=http://4.bp.blogspot.com>.

Čermak, M. *Lepila in materiali za površinsko obdelavo in zaščito lesa*. Ljubljana: Lesarska založba. (online). (citirano 22. 2. 2009). Dostopno na naslovu: <http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Ucbeniki/LepilainMaterialiZaPovrsinskoObdelavo.pdf>.

*Granit*. (online). (citirano 12. 4. 2011). Dostopno na naslovu: <http://www.k-zunko.si/granit.htm>.

*Izdelki*. (online). (citirano 26. 4. 2011). Dostopno na naslovu: <http://www.darilakogoj.com/keramika1.htm>.

*Izdelki iz stekla*. (online). (citirano 30. 3. 2011). Dostopno na naslovu: <http://www.steklarstvo-sp.si/slo/main.asp?id=122D7BFF>.

*Konferenčni stoli Viva*. (online). (citirano 12. 4. 2011). Dostopno na naslovu: [http://www.pisarne.net/gallery/img\\_big/37/1263973046.jpg](http://www.pisarne.net/gallery/img_big/37/1263973046.jpg).

Kovač, M. *Gradiva zapiski predavanj*. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo, 1999.

*Kovine*. (online). (citirano 2. 5. 2010). Dostopno na naslovu: <http://www.slonep.net/dom-in-oprema/urejanje/kovine>.

Kresal, J. *Gradiva v arhitekturi*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, 2002.

Krumpačnik, B. *Polimerni materiali*. (online). (citirano 19. 4. 2010). Dostopno na naslovu: <fs-server.uni-mb.si/.../Polimerni%20materiali%20Krumpačnik%20Blaž.ppt>.

*Lepljenje*. (online). (citirano 15. 4. 2011). Dostopno na naslovu: <http://www.lepljenje.si/>.

*Lepota stekla*. (online). (citirano 30. 4. 2011). Dostopno na naslovu: <http://www.zurnal24.si/dom/lepota-stekla-146927/clanek>.

*Lepota stekla*. (online). (citirano 30. 4. 2011). Dostopno na naslovu: <http://dominivrt.si/clanek/rubrika/notranja-ureditev/videz-umirjene-cistosti.html>.

*Lesni kompozit*. (online). (citirano 15. 4. 2011). Dostopno na naslovu: <http://www.lesnikompozit.si/>.

Lemajič, G. *Steklo*. (online). (citirano 17. 4. 2011). Dostopno na naslovu: <http://www.sms-muzeji.si/udatoteke/publikacija/netpdf/2-4.pdf>.

*Marmor.* (online). (citirano 24. 4. 2011). Dostopno na naslovu: [http://www.kamnosestvo-subic.si/index.php?option=com\\_content&task=view&id=22&Itemid=34](http://www.kamnosestvo-subic.si/index.php?option=com_content&task=view&id=22&Itemid=34).

Milić, Z. *Kovine.* (online). (citirano 17. 4. 2011). Dostopno na naslovu: <http://www.sms-muzeji.si/udatoteke/publikacija/netpdf/3-1.pdf>.

Najbolj znani termoplasti. (online). (citirano 11. 4. 2011). Dostopno na naslovu: <http://www2.sts.si/arhiv/tehno/Plastika/termoplasti.htm>.

*Naravni kamen.* (online). (citirano 3. 3. 2011). Dostopno na naslovu: <http://www.salonkamna.si/naravni-kamen>.

*Oblikovalski utrinki s sejma pohištva Saloni 2008.* (online). (citirano 12. 4. 2011). Dostopno na naslovu: <http://www.prostorama.si/blog/dogodki/oblikovalski-utrinki-s-sejma-pohistva-saloni-2008.html>.

*Okna in vrata.* (online). (citirano 25. 4. 2011). Dostopno na naslovu: [http://www.m-sora.si/programi/okna\\_in\\_vrata/okna/alules\\_okna.aspx](http://www.m-sora.si/programi/okna_in_vrata/okna/alules_okna.aspx).

*Ornamentna stekla.* (online). (citirano 30. 3. 2009). Dostopno na naslovu: [http://www.tulip-projekti.si/?page\\_id=25](http://www.tulip-projekti.si/?page_id=25).

*Patio furniture.* (online). (citirano 30. 4. 2011). Dostopno na naslovu: <http://www.decor-medley.com/patio-furniture.html>.

Petrič, M. *Nesni materiali v izdelkih lesnopredelovalne in pohištvene industrije.* Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, 2008.

*Plastika.* (online). (citirano 11. 4. 2011). Dostopno na naslovu: [sl.wikipedia.org/wiki/Plastika](http://sl.wikipedia.org/wiki/Plastika).

*Predstavitev duroplastov.* (online). (citirano 10. 4. 2011). Dostopno na naslovu: <http://lab.fs.uni-lj.si/lap/html/pages/si-polimerna-gradiva-materiali-duroplasti.htm>.

*Pridobivanje polimerov.* (online). (citirano 10. 4. 2011). Dostopno na naslovu: <http://lab.fs.uni-lj.si/lap/html/pages/si-polimerna-gradiva-materiali.htm>.

Prijanovič Tonkovič, M. *Gradiva.* Novo Mesto: Šolski center Novo Mesto, Višja strokovna šola, 2003.

Puncer, Z., Vaš, M. *Zgodba o masah.* (online). (citirano 26. 2. 2009). Dostopno na naslovu: <http://ro.zrsss.si/~puncer/mase/newpage6.htm>.

Resnik, J. *Lepila in lepljenje lesa.* Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, 1997.

*Steklo in pohištvo.* (Online). (Citirano 8. 4. 2009). Dostopno na naslovu: ([http://www.les.bf.uni-lj.si/fileadmin/datoteke\\_asistentov/srudolf/POHI\\_TVO/Steklo\\_in\\_pohi\\_tvo1.doc](http://www.les.bf.uni-lj.si/fileadmin/datoteke_asistentov/srudolf/POHI_TVO/Steklo_in_pohi_tvo1.doc)).

*Stopnice.* (Online). (Citirano 26. 4. 2011). Dostopno na naslovu: <http://www.k-zunko.si/stopnice.htm>.

Ščernjavič, D. *Lepljen les za konstrukcijske namene*. (Online). 2008. (Citirano 8. 4. 2009). Dostopno na naslovu: [http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/vs\\_scernjavic\\_danilo.pdf](http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/vs_scernjavic_danilo.pdf).

*Štukature*. (online). (citirano 12. 4. 2011). Dostopno na naslovu: <http://www.okras-sm.si/stiro-letve/stiro-letve.htm>.

Šubic Prislán, J. *Keramika*. (Online). (Citirano 26. 4. 2011). Dostopno na naslovu: <http://www.sms-muzeji.si/udatoteke/publikacija/netpdf/2-3.pdf>.

*Tehnologije predelovanja polimerov*. (Online). (Citirano 10. 4. 2011). Dostopno na naslovu: <http://lab.fs.uni-lj.si/lap/html/pages/si-polimerna-gradiva-tehnologije.htm>.

*Vrtne garniture*. (Online). (Citirano 24. 4. 2011). Dostopno na naslovu: <http://www.metaldesign.si/sl/Izdelki/KLASIK/Vrtne+garniture/248>.

*Vrtni stoli*. (Online). (Citirano 25. 4. 2011). Dostopno na naslovu: <http://www.vebo.si/3/vrtni-stoli-za-gostinstvo>.

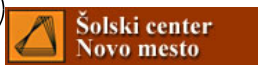
Žnidaršič, A. *Tehnologija keramike*. Maribor: Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, 2009.



## Projekt **Impletum**

Uvajanje novih izobraževalnih programov na področju višjega strokovnega izobraževanja v obdobju 2008–11

Konzorcijski partnerji:



Operacijo delno financira Evropska unija iz Evropskega socialnega sklada ter Ministrstvo RS za šolstvo in šport. Operacija se izvaja v okviru Operativnega programa razvoja človeških virov za obdobje 2007–2013, razvojne prioritete Razvoj človeških virov in vseživljenjskega učenja in prednostne usmeritve Izboljšanje kakovosti in učinkovitosti sistemov izobraževanja in usposabljanja.