Gradiva

Andraž S. I. stopnja Gradbeništvo UNI

PREGLED GRADIV

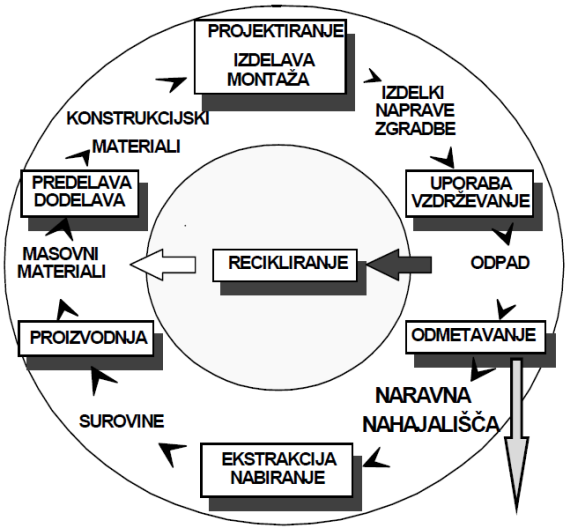
Gradiva so vsi tisti materiali, ki se uporabljajo v graditeljstvu. Sodijo med tehnične materiale, torej med snovi, ki so tehnično uporabne v trdnem agregatnem stanju.

Razvoj gradiv:

Razvoj in napredek družbe je ozko povezan z odkritji, razvojem in uporabo in izdelavo novih gradiv. Gradiva vplivajo na razvoj tehnologij gradnje in izdelave polizdelka, a obstaja tudi obraten vpliv, saj nove tehnologije zahtevajo nova, boljša gradiva ali modifikacijo starih (primer izdelavo notranje plasti stene v razvoju fuzijske jedrske elektrarne v Franciji).
Ko se doseže meja uporabnosti materiala, se pojavi novo gradivo, ki omogoča nadaljnji razvoj tehnologije in nove izdelke.

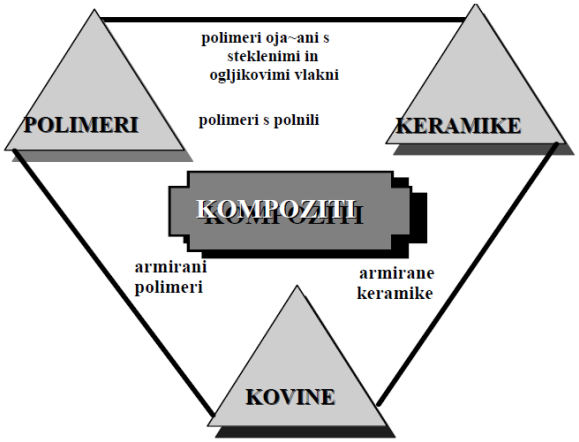
Življenjski krog gradiv:

V svojem življenjskem krogu gre gradivo skozi več stadijev, od pridobivanja, proizvodnje, predelave, dodelave, uporabe in vzdrževanja in do odpada.
Nekatere stvari so neposredno tehnično uporabne (kot na primer les), nekatere surovine je pa potrebno izdelati s tehnološkimi postopki (kemičnimi in fizikalnimi).
Po poteku življenjske dobe se izdelke odstrani, ali pa se jih predela v novi izdelek – reciklaža (npr jeklo in papir).



Klasifikacija gradiv:

Po *splošni klasifikaciji* gradiva delimo v štiri jasno ločljive skupine; kovine, keramike, polimere in kompozite.



Kovine : Kovine in kovinske zlitine definirajo značilne fizikalne lastnosti, ki so posledica kovinskih kemijskih vezi in visoke stopnje simetričnosti osnovnih kovinskih struktur, ki omogoča tvorbo velikega števila zlitin. Zato jih uvrščamo med najpopolnejša konstrukcijska gradiva, saj prenašajo visoke mehanske obremenitve in se jih da oblikovati ter predelovati z mehanskimi in toplotnimi postopki. Dobro prevajajo tudi toploto in električni tok ter imajo visoko tališče. Glede na obseg proizvodnje so osnovne kontrukcijske kovine: železo, aluminij, baker, nikelj in magnezij.

Polimeri: Za polimere je značilno to, da so osnovni gradniki vseh bioloških sistemov. Imajo značilno visoko stopnjo kovalentnih vezi in šibkih Van der Waalsovih vezi, ki se tvorijo med verigami in molekulami. Po naravi so manj togi, trdi in trdni, lahko pa delujejo kot matrica v kompozitih (so ojačani s steklenimi ali ogljikovimi vlakni). Njihova pozitivna lastnost je ta, da imajo 5x višjo specifično toplotno kapacitivnost kot kovine in 100 000krat nižjo toplotno prevodnost, zato so primerni za izdelavo toplotno izolacijskih materialov, še posebej takrat, ko so v penasti obliki. Zanj je značilno tudi, da so ekološko zanimivi, saj jih ne težko reciklirati.

Keramike: Keramike so najbolj razširjena konstrukcijska gradiva. Med njih sodijo:

-Naravne keramike (sedimentne in vulkanske kamnine, minerali, led)
-Steklaste keramike na osnovi gline (lončarske keramike, porcelan, opeka)
-Cementi
-Stekla na osnovi silicijevega dioksida
-Kristalične keramike (konstrukcijske keramike za posebne namene)

Ločimo jih na *ionske keramike*, ki so sestav kovin in nekovin, povezane z ionskimi vezmi in *kovalentne keramike*, kjer so nekovinski elementi povezani s kovalentnimi vezmi.
Skupna lastnost vseh keramik je nekovinski karakter in krhko trdno stanje z visoko trdote in tlačne trdnosti (z razvoj skušajo pridobiti takšne, ki bi dobro prenašale tudi natezno trdnost). Za večino keramik je značilna tudi poroznost (reda velikosti do 20%), kar vpliva na njihovo kakovost. Pore sicer zmanjšujejo trdnost materiala vendar ne povzročajo zareznega učinka kot mikrorazpoke, ki so posledica tehnološke obdelave.

Kompoziti: Kompoziti so kombinacija dveh ali večin materialov, ki imajo neodvisne lastnosti. Večina kompozitov je sestavljena iz osnovnega materiala ali *matrice* in dodatnih materialov. Tvorimo jih s kemijskim, fizikalnim in mehanskim povezovanjem.
Njihove lastnosti so prilagojene, saj jih sami predvidevamo. V matrico se pogosto uvaja trden sekundaren material, ki spreminja eno ali več lastnosti, pogosto pa je tudi netrden (npr plin/zrak). Najbolj enostavni kompoziti so penasti materiali, ki najpogosteje nastajajo z uvajanjem atmosferskega zraka v matrico, kompoziti z nabolj razširjeno uporabo pa so les in beton; beton je umetni kompozit sestavljen iz naravnih komponent (veziva, agregata, vode in dodatkov), lahko pa mu dodamo tudi armaturo (npr jeklo, dobimo armiran beton).

Klasifikacija gradiv po njihovem izvoru:

Naravna gradiva so tista gradiva, ki jih lahko uporabljamo v bolj ali manj obdelani obliki takoj po odvzemu z naravnih nahajališč, torej jih najdemo v naravi. Najbolj pogosto uporabljamo tradicionalna gradiva kot sta les in kamen, ki imata ugodbe fizikalne lastnosti, predvsem pa veliko estetsko vrednost, zato se dandanes, ko prevladuje beton, uporabljata za obloge in okrasne elemente objektov. Med naravna gradiva sodijo tudi voda, plini, zemljine (glina, ilovica), in gradiva kot so kože, slama, listje,..

Umetna gradiva so tista gradiva, ki so narejena s kemično in mehansko predelavo naravnih organskih in anorganskih snovi. Danes se v veliki večini uporabljajo prav umetna, med njih pa spadajo: keramika, apno, mavec, cement, steklo, železo, baker, cink, svinec, aluminij. Mejnik pri razvoju umetnih gradiv je industrijska revolucija konec 19. stoletja, ki je povzročila masovno proizvodnjo jekla, aluminija, cementa, stekla itd. in prinesla nov, preprosti slog grajenja, ki ga simbolizira Eiffelov stolp v Parizu.

Klasifikacija gradiv po namembnosti:

Konstrukcijska gradiva: So primarni materiali v gradbeništvu, saj se zaradi svojih mehanskih lastnosti sposobni prenašati statične in dinamične obremenitve in so zato primerni za izdelavo konstrukcijskih elementov v nizkogradnji in visokogradnji.

Veziva: Veziva se po mešanju z vodo (razen bitumenskih in polimernih) spremenijo v kašasto ali plastično zmes. Po procesu vezanja se ta zmes na zraku ali v vodi spremeni v čvrsto gradivo za različne namembnosti. Hidravlična veziva so tista, ki se vežejoin strujejo na zraku in vodi. Najpomembnejši so cementi različnih vrst (uporablja se za izdelavo betona in malte) in apno.

Izolacijski materiali: So materiali, ki se uporabljajo za za zaščito oziroma ločevanje gradbenega elementa od različnih zunanjih vplivov vlage, temperaturnih sprememb, ognja, hrupa, sevanja, vibracij,.. Ločimo jih torej na 3 glavne skupine in sicer;

-*Termoizolacije:* Ovirajo prehode toplote med okolji na obeh straneh pregrade. Uporabljajo se torej lahka in porozna gradiva z nizko vrednostjo koeficienta toplotne prevodnosti. Zrak je eden najboljših toplotnih izolatorjev, zato so včasih gradili dvojne zidove z razmikom (danes okna). Pomembno je pa tudi, da toplotna izolacija ostane suha, zato jo pogosto izvajamo skupaj s hidroizolacijo.

-*Hidroizolacija:* Hidroizolacija ščiti pred vplivi talne in atmosferske vode, zaradi katerih pogosto propadajo deli ali celo celone konstrukcije (preperevanje itd), pomembna pa je tudi iz higienskega vidika, saj preprečuje nastanek plesni, gob itd. Hidroizolacijski material mora zato biti nepropustni, obstojni v vodi in pod vplivom nje ne smejo spremeniti oblike.

Akustična ali zvočna izolacija: Uporablja se za zmanjševanje hrupa v različnih prostorih. Hrup lahko izoliramo tako, da izoliramo prostor kjer ta nastaja z različnimi oblogami, ki absorbirajo zvok (npr. glasbeni studiji), lahko pa svoj bivalni prostor izoliramo od hrupa iz okolice (npr prometa). Izolacijski material je zato mehak, votličav in vlaknast. Pomembno je, da je zvočna izolacija položena tako, da je pregrada med dvema prostoroma dobro zatenjena, saj vsaka zračna špranja deluje kot dober prevodnik zvočnega valovanja.

Materiali za obloge: Uporabljajo se za zaščito izolacijskih in konstrukcijskih gradiv. Glede na namembnost ločimo tri vrste in sicer:

-Obrabne: To so obloge, ki so neposredno izpostavljene mehanskim obremenitvam in so namenjene za zaščito pred obrabo in poškodbami, ki nastajajo pri uporabi konstrukcije (npr asfalt)

-Izolacijske: Ščitijo izolacijske materiale in ostala gradiva pred atmosferskimi vplivi in agresivnimi okolji.

-Okrasne obloge: Imajo samo estetsko vlogo, ampak so namesto njih ponavadi ostale obloge površinsko obdelane tako, da istočasno služijo tudi kot okrasne obloge.

STANDARDIZACIJA

Standardizacija je delovanje na področju sestavljanja standardov za splošno in večkratno uporabo zaradi optimalne urejenosti na določenem področju. V tehničnih odborih, ki prevzemajo mednarodbe standarde v slovenski prostor, sodelujejo strokovnjaki iz vseh gospodarskih področij in s tem gradijo sistem Slovenskih standardov ali SIST. Začetki standardizacije segajo že v 22. st. p.n.št., ko so v kip Sumerskega vladarja Gudea vrezali pramero dolžine.

Slovenski inštitut za standarizacijo SIST je nacionalni organ za standarde v Sloveniji, ki pripravlja, sprejema in izdaja nacionalne standarde ter sodeluje, zastopa in predstavlja Republiko Slovenijo v mednarodnih in evropskih organizacijo za standardizacijo.

Osnovni pojmi s področja meroslovja in standardizacije:

Meroslovje je veda o merah in merilih, ki se ukvarja z uvajanjem rabe in nadzora meril v skladu z mednarodnim sistemom.

Homologacija cestnih vozil je postopek potrjevanja posameznih tipov vozil, da odgovarjajo vsem predpisom ki veljajo v RS. Sistem je potrebno zgraditi na novo, v skladu z bodočim sistemom v članicah ES. Homologacija posameznih delov oziroma vozil obsega natančen pregled in potrjevanje skladnosti le-teh z mednarodnimi predpisi, ki veljajo tudi v RS.

Tehnična specifikacija je dokument, ki predpisuje tehnične zahteve, ki jih mora izpolnjevati proizvod, proces ali storitev

Kodeks ravnanja je dokument, ki priporoča ravnanje ali postopke za načrtovanje, proizvodnjo, namestitev, vzdrževanje ali uporabo opreme, konstrukcij ali proizvodov.

Predpis je dokument, ki določa obvezujoča zakonska ali na zakonu temelječa pravila in ga sprejme organ oblasti.

Tehnični predpis je predpis, ki določa tehnične zahteve, bodisi neposredno bodisi posredno, tako, da se sklicuje na vsebino standarda, tehnične specifikacije ali kodeksa ravnanja ali vključuje vsebino le-teh.

Predstandard je dokument, ki ga standardizacijski organ sprejme začasno ter je dosegljiv javnosti, da se na ta način lahko iz njegove uporabe pridobijo potrebne izkušnje, ki bodo podlaga za standard.

Standard je dokument, ki nastane s konsenzom in ga odobri priznani organ. Določa pravila, smernice ali značilnosti za dejavnosti in njihove rezultate ter je namenjen za občo in večkratno uporabo in usmerjen v doseganje optimalne stopnje urejenosti na danem področju. Na splošno upoštevanje standarda ni obvezno. Upoštevanje standarda postane obvezno na podlagi splošnega zakona ali izrecnega sklicevanja v predpisu.

Vrste standardov:

Osnovni standard - obravnava široko področje ali vsebuje splošna določila za določeno področje.
Terminološki standard - obravnava izraze, ki jih po navadi spremljajo definicije, včasih pa tudi pojasnila, ilustracije, primeri itd
Preizkuševalni standard - obravnava metode preskušanja, ki jih včasih dopolnjujejo druga določila, povezana s preskušanjem, kot na primer vzorčenje, uporaba statističnih metod in zaporedje preskusov
Standard za proizvod - specificira zahteve, ki jih mora izpolnjevati proizvod ali skupina proizvodov, da se zagotovi njegova (njihova) ustreznost namenu.
Procesni standard - specificira zahteve, ki jih mora izpolnjevati proces, da se zagotovi njegova ustreznost namenu.
Storitveni standard - specificira zahteve, ki jih mora izpolnjevati storitev, da se zagotovi njena ustreznost namenu.

Raven standardizacije je zemljepisni, politični in gospodarski obseg vključenosti v standardizacijo. Vse ravni tvorijo sistem povezan z vzajemnimi vezmi, hkrati pa se medsebojno prekrivajo. Standardizacija je glede na način nastajanja standardov selektivna in sistematična.

Selektivna standardizacija izhaja iz razpoložljive množice značilnosti stvari, stanj in pojavov ter njihovih vrst. Izberejo se nekatere značilnosti, ki se proglasijo za standard. Tak standard ima pogosto nepravilno stopnjevane lastnosti in je lahko kompromis zatečenega stanja in sposobnosti proizvajalca. Selektivna standardizacija se imenuje tudi razvojna standardizacija in je do nedavnega bila edina metoda standardiziranja.

Sistematična standardizacija izhaja iz spoznanja, da med večino proizvodov in procesov obstajajo naravna ali sistematična razmerja. Imenuje se tudi razvojno spremljajoča standardizacija. Njen pomen in obseg se povečujeta zlasti na novih področjih, kot je to informatika. Splošni nazivi in definicije so podani v "ISO/IEC guide 2-1991", nekateri pa so prevzeti tudi pri nas na USM-u.

Preskušanje - certificiranje - kakovost omogočajo sistematičen pristop in izboljšanje kakovosti proizvodov in storitev, ter doseganja mednarodne oziroma evropske ravni. S tem se omogoča povečanje izvozne sposobnosti in konkurenčnosti podjetij. Potrebno je vzpostaviti z evropskimi in mednarodnimi sistemi harmonizirani in kompatibilen sistem. Nacionalni organ za akreditiranje pokriva: -laboratorije (preskusne in kalibracijske)
-organe za certificiranje (storitve, osebje, sistemi kakovosti, izdelki, homologacija vozil, delov)
-organe za nadzor

Akreditiranje je postopek za uradno priznanje usposobljenosti za opravljanje določene dejavnosti. Primer: akreditirani laboratorij.

Certificiranje je postopek, po katerem tretja stranka pisno zagotovi, da obstaja zadostna verjetnost, da je nedvoumno definiran proizvod, proces ali storitev v skladu s postavljenimi zahtevami.

Tretja stranka je oseba ali organ, ki je izkazano neodvisen od interesov vpletenih strank v danem pravnem razmerju.

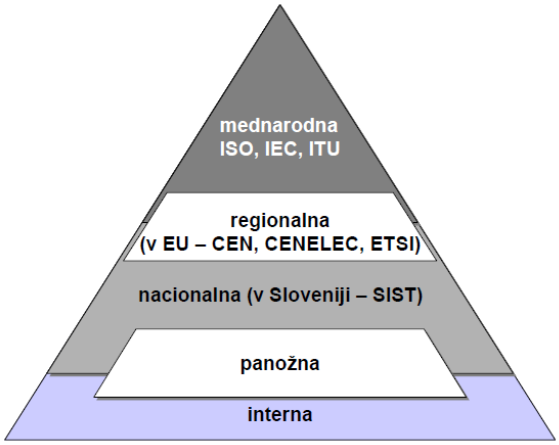
Preskušanje je opravljanje enega ali več preskusov, to je tehničnih postopkov, s katerimi se po točno določenem postopku določi ena ali več karakteristik danega proizvoda, procesa ali storitve.

Certifikat o skladnosti je dokument, izdan v skladu s pravili sistema certificiranja, ki pove, da obstaja zadostna verjetnost, da nedvoumno definiran proizvod, proces ali storitev ustreza določenemu standardu ali drugemu normativnemu dokumentu.

Izjava o skladnosti je izjava dobavitelja, izdana na njegovo lastno odgovornost, da je proizvod, proces ali storitev skladen z določenim standardom ali drugim normativnim dokumentom.

Dobavitelj je stranka, ki je odgovorna za proizvod, proces ali storitev, in je sposobna vzpostaviti zagotavljanje kakovosti.

Hierarhična razporeditev standardizacij:
ISO- Mednarodna organizacija za standardizacijo (pokriva vsa področja za standardizacijo razen elektrotehnike in elektronike)
IEC- Mednarodna elektrotehniška komisija (pokriva elektrotehniko in elektroniko)
ITU-Mednarodna zveza za telekomunikacije (vlade držav in privatni sektor koordinirajo globalna telekomunikacijska omrežja in usluge



Regionalna standardizacija: Regionalne standardizacijske organizacije združujejo nacionalne standardizacijske organizacije iz skupnega zemljepisnega, političnega in gospodarskega prostora. Njihov namen je usklajevanje obstoječih standardov in razvoj novih s pomočjo mednarodnih. V Republiki Sloveniji smo se odločili, da bodo slovenski standardi osnovani na evropskih, na področjih kjer le teh še ni pa na mednarodnih.

CEN- Evropski komite za standardizacijo
CENELEC- Evropski komite za standardizacijo v elektrotehniki
ETSI- Evropski inštitut za standardizacijo telekomunikacij.

Nacionalna standardizacija: To je standardizacija ene države na vseh strokovnih področjih (npr. SIST za Slovenijo). Lahko je državna, od države podprta ali pa privatna, ki jo financira gospodarstvo. V vsakem primeru mora biti pooblaščena organizacija v kateri morajo biti vključeni vsi, ki so za to zainteresirani, izdelavo standardov pa morajo zaupati komisiji, ki jo sestavijo enkratno.

Panožna standardizacija: Ta dopolnjuje nacionalno standardizacijo in so dostopni celotni javnost. Za to standardizacijo so značilni standardi s področja elektrotehnike.

Interna standardizacija: Standardi iz višjih ravneh (mednarodna itd.) so se razvili iz internih standardov večjih industrijskih podjetij. Ta proces je še živ, čeprav obstaja in ga zamenjuje tudi obratna pot (iz mednarodnih standardov nastajajo interni). Če standarda ni lahko da pobudo za nastajanje le tega na nacionalni in mednarodni ravni.

Slovenska standardizacija:
Slovenski nacionalni standardi (SIST) so na podlagi konsenza sprejeti dokumenti, ki jih pripravljajo ustrezni slovenski tehnični odbori. Standardi so neobvezni dokumenti, ki jih lahko vsakdo prostovoljno uporablja, obveznost uporabe standardov pa lahko izhaja tehničnih predpisov, pogodb ali drugih pravnih temeljev. Slovenska standardizacija je sestavni del mednarodne in evropske standardizacije, zato mora tudi svoje delovanje in razvoj temu prilagoditi.
Slovenski standardi praviloma prevzemajo evropske in mednarodne, zato tudi sodelujejo pri njihovem snovanju.
Pomembne faze ustvarjanja slovenskih standardov so:

***Pobuda* - pisna in argumentirana, lahko vsebuje že delovni osnutek SLS – pripravijo jo lahko zainteresirane organizacije.**

***Delovni osnutek* - s konsenzom ga sprejeme tehnični odbor, je besedilo osnutka standarda. Tehnični odbor ga pošlje kot predlog standarda v javno obravnavo, ter na podlagi te sprejme in pripravi dokončno besedilo.**

Slovenski standard* - izda SIST in izdajo objavi v *Sporočilih

***Oznaka standarda* je SIST, kateri sledijo še dodatna oznaka.**

***Dodatna oznaka* je v primeru prevzetega standarda izvirna oznaka prevzetega evropskega ali mednarodnega standarda. če SIST temelji na drugih virih (ali je izviren) je dodatna oznaka latinsko število.**

Primer oznake: SIST ISO 3166:1996 (sl)
SIST: Slovenski standard
ISO: Osnovni standard iz katerega je nastal SIST (mednarodni)
3166: Številka standarda
1996: Leto izdaje standarda
(sl): Jezik v katerem je bil standard izdan

Način izdajanja standardov:
-Selektiven (iz nabora obstoječega se poskuša dogovoriti, izberejo se neke značilnosti, pogosto so kompromisi
-Sistematičen (sledi in generira razvoj, npr CD)

Inštrumenti evropske zakonodaje:

Predpis: Je dokument z največjo močjo. Ko ta stopi v veljavo postane zakon v vseh državah članicah

Direktiva: Je dokument, ki postavlja glavni cilj. Vsaka izmed članic lahko direktivo po svoje vgradi v lastno pravno ureditev, toda njen pravni učinek nastopi šele po uveljavitvi nacionalnega predpisa, ki povzema direktivo.

Odločba: Ima bolj upravni kot zakonodajni značaj, saj je obvezujoč samo za tisto osebo/podjetje/državo na katero je naslovljen (npr, komisija naloži neki državi naj preneha z neko prakso, ki je nezakonita glede na pravni red)

Priporočilo: Je dokument, ki ima svetovalni značaj. Mogoče se mu je izogniti, torej ni obvezujoč, priporoča pa se njegovo upoštevanje.

Direktiva o gradbenih proizvodih

Gradbeni proizvod je vsak proizvod, ki je izdelan za trajno vgraditev v gradbene objekte. Gradbeni objekti so stavbe in gradbeni inženirski objekti.

Osnovno načelo DGPro:

-Proizvod gre lahko v promet in uporabo kadar ta ne ogroža varnosti in zdravja oziroma drugih javnih interesov

-Države članice morajo vpeljati nadzor na svojem trgu.

Zakon o gradbenih proizvodih

Na osnovi Direktive o gradbenih proizvodih je Slovenija izdelala Zakon o gradbenih proizvodih, čigar bistvene zahteve so:-Mehanska odpornost in stabilnost

-Varstvo pri požaru
-Higiene, zdravja in okolja
-Varna uporaba
-Zaščita pred hrupom
-Varčevanje z energijo in ohranjanje toplote

Uvedba direktive v prakso:

-Direktiva: bistvene zahteve

-Razlagalni dokumenti: So dokumenti, ki nam povedo kako razumeti zahteve direktive

-Standardi: So orodja za izpolnitev zahtev direktive

-Ocenjevanje skladnosti ali proizvod izpolnjuje kriterije

-Podelitev znaka CE – Znak CE pomeni, da proizvodi ustrezajo zahtevam določene direktive in, da je izpeljan postopek ocenjevanja skladnosti, ki je predviden v direktivi. Države članice so dolžne zaščititi znak CE

Evropski standardi in DGPro:

Predvideni sta dve skupini standardov:

-Običajni standardi: So privzeti kot nacionalni standardi in so bolj priporočila, postanejo pa obvezujoči, če se pogodba ali upravni oziroma zakonski akt sklicuje nanj.

-Harmonizirani evropski standardi: So obvezujoči za vse vlade držav članic in sorodnih organov, delimo pa jih na dve vrsti in eno podvrsto:

-*A standardi*: Obravnavajo projektiranje in gradnjo stavb ter inženirskih objektov. Morali bi jih upoštevati v obsegu CPD s sklicevanjem nanje v predpisih. Tipični tovrstni standardi so Evrokodi.

-*B standardi*: So standardi za proizvode s podrobnim opisom lastnosti proizvoda ali celo družine proizvodov, ki vplivajo na izpopolnjevanje bistvenih zahtev. So zvezki (10 strani) v katerih sot udi navodila za preizkušanje kakovosti na enovit način. Laboratoriji morajo biti akreditirani.

-*Bh standardi:* So posebnost B standardov in so namenjeni za »horizontalne« preskusne metode, to je za metode, ki se uporabljajo za širok krog proizvodov. Tu so tudi standardi za metode požarnih preskusov.

Evropski standardi za konstrukcije (EUROCODE)

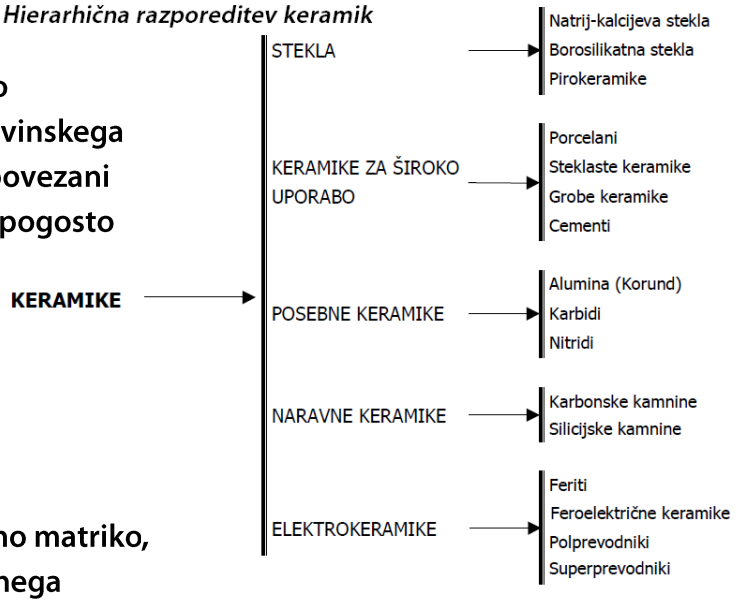
Eurocodi so standardi, ki sodijo v skupino A harmoniziranih standardov in so usklajeni standardi za projektiranje stavb in inženirskih objektov. Običajno jih označujemo s kratico EC in zaporedno številko, ki pove katere vrste konstrukcij obravnava določeni Eurocode. Slovenija je sprejela Eurocode pred vstopom v EU, saj si je tako omogočila hitrejše integriranje v evropski prostor. Eurocodi so tako postopoma nadomestili stare Jugoslovanske pravilnike. Pod Eurocode spada 54 dokumentov;

(EC0) Osnove projektiranja
(EC1) Obtežbe konstrukcij
(EC2) Projektiranje betonskih konstrukcij
(EC3) Projektiranje jeklenih konstrukcij
(EC4)Projektiranje sovprežnih konstrukcij
(EC5) Projektiranje lesenih konstrukcij
(EC6) Projektiranje zidanih konstrukcij
(EC7) Projektiranje geotehničnih objektov
(EC8) Projektiranje potresno varnih konstrukcij
(EC9) Projektiranje konstrukcij iz aluminijskih zlitin
***(EC10) Armirane plastične mase**
***(EC11) Konstrukcijska stekla**
***(EC12) Prenova inženirskih objektov in zgradb ter ohranitev kulturne dediščine**

KERAMIKE

Keramike so večinoma sestavljene iz kovinskih in nekovinskih elementov, ki jih povezujejo ionske vezi, poznamo pa tudi keramike povsem nekovinskega značaji, v katerih so nekovinski elementi med seboj povezani z kovalentnimi vezmi. Med nekovinskimi elementi je pogosto kisik, pogosto pa se tudi pojavljajo elementi kot so ogljik, žveplo, dušik, bor, silicij,..

Hierarhična razporeditev keramik



Delitev keramik po mikrostrukturi:

-Povsem kristalične
-Povsem amorfne (steklo
-Delno kristalične, kjer so kristali cementirali z amorfno matriko, ki pogosto predstavlja šibek del celotnega kompozitnega materiala.

GRADBENI KAMEN IN MINERALNI AGREGAT

Gradbeni kamen je del kamenine, ki je iz litosfere (zemeljske skorje) odvzet na naraven ali umeten način in je uporabljen za izgradnjo gradbenega objekta. Po sestavi je mineralni agregat določene strukture, teksture, geoloških značilnosti ter fizikalnih in mehanskih lastnosti. Po področju uporabe ločimo: - Arhitekturno gradbeni kamen
-Tehnični kamen
-Mineralni agregat

Arhitekturno gradbeni kamen:

Arhitekturno gradbeni kamen ima veliko estetično vrednost, dobre tehnične in ustrezne geološke lastnosti (lahko se v obliki blokov odvzame iz narave). Včasih so ga uporabljali ravno v obliki blokov (npr. piramide), danes pa ga večinoma za okrasne obloge in dekorativne elemente.

Tehnični kamen:

Tehnični kamen odlikujejo predvsem fizikalne in mehanske lastnosti. V glavnem se uporablja kot lomljenec različnih frakcij v gradbenih konstrukcijah, pri gradnji prometnic in ostalih inženirskih objektih, pomemben pa je tudi kot sestavina betona, redkeje pa ga najdemo v obliki blokov ali oblog.

Mineralni agregat:

Mineralni agregat je močno zdrobljen tehnični kamen frakcij premera do nekaj 10mm. Izdeluje se z lomljenjem ali izkopom v vodi oblikovanega gramoza (obli agregat). Pri izdelavi lomljenca se tehnični kamen deli v dve skupini: -Silikatne kamnine (magmatske, sedimentne in metamorfne)
-Karbonatne kamnine (sedimentne in metamorfne)

Kamenine:

Kamenina je naravna snov sestavljena iz drobnih zrn enega ali več različnih mineralov ali odlomkov različnih kamenin. Za kamenino je pomembna njena mineralna sestava

Zlog je značilna zrnata sestava kamnine s katero spoznamo strukturo in teksturo kamenine:

-Struktura: Je posledica oblike, velikosti in medsebojnega količinskega razmerja sestavnih delov.

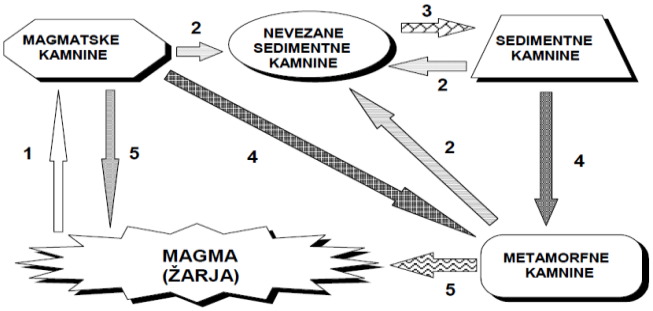
-Tekstura: Tekstura podaja položaj delcev v prostoru in zapolnitev tega prostora (vidna npr. na čelni ploskvi kamenine)

Minerali: Mineral je trdna homogena snov z bolj ali manj stalno kemično sestavo, ki pri ustreznih prostorskih pogojih lahko svobodno zraste v lepo kristalno obliko. Omejeno število mineralov je predvsem pomembno za posamezne kamenine- to so kamninotvorni minerali. Med najbolj pogoste sodijo kremen, kalcit, dolomit, granat, glinenci,.. Med kamninotvornimi minerali ločimo:

-Bistveni minerali: So glavni sestavni deli kamenine in jo tudi opredeljujejo

-Značilni minerali: Kamnino še natančneje opredeljujejo

-Akcesorni minerali: Njihova količina v kameninі je po navadi manjša kot 1% in za opredelitev niso pomembni.



Zaporedje kroženja kamnin v naravi in spreminjanje enih v druge:
1 - kristalizacija, 2 - erozija (vpliv zunanjih sil), 3 - litifikacija, 4 - metamorfoza (visoka temperatura in pritisk), 5 - paligeneza (taljenje)

Magmatske kamenine:

Nastajajo s strjevanjem in kristaliziranjem tekoče mineralne mase (magme ali žarje) in so zaradi tega kristalaste, masivne (neplastovite) in brez organskih primesi. Po nastanku ločimo : -Globočnine (nastale v notranjosti litosfere)

-Žilnine (nastale iz vtisnjene lave v razpokah litosfere – posebna vrsta globočnin)

-Predornine (nastale na površju litosfere)

-Pillow lava (zaobljene oblike, ki so nastale iz strjene lave na morskem dnu – so posebna oblika predornin).

Zlog (struktura) je odvisen od stopnje in načina kristaliziranja sestavin, njihove velikosti, oblike in razporejenosti. Obstajata dva osnovna zloga:

Zrnati zlog: Je značilen za večino globočnin, ki so se počasi ohlajale pod velikim pritiskom. V njih so vse sestavine kristalizirane v nepravilni obliki približno enakih velikosti.

Porfirski zlog: je značilen za predornine, ki se hitro ohlajajo. V njih so se v drobnozrnati osnovi kristalizirali minerali – vtrošniki. Ti so se kristalizirali med dvigovanjem lave na površje, po izlitju pa se ostali minerali niso mogli izkristalizirati zaradi hitrega ohlajanja in je tako nastala drobnozrnata osnova. Posebnost so vulkanska stekla, ki so nastala iz hitro ohlajene zelo kisle riolitne lave.

Za sistematiko in določanje teh kamenin so pomembni magmatski kamenotvorni minerali: kremen, glinenec, sljude, amfiboli, pirokseni in olivin. Zato jih delimo v 5 različnih skupin (gabrsko, granitsko, sienitsko, dioritsko, perioditsko).

Kamnine, ki vsebujejo veliko kremena (70-80%) so *svetle* ali *salične*, tiste, ki pa vsebujejo manj kremena (do 50%) pa so *temne* ali *mafične.*

Sedimentne kamnine:

Sedimentne kamnine so nastale kot posledica učinkovanja različnih zunanjih vplivov (temperaturne spremembe, voda, veter) na obstoječe kamenine. Ti vplivi uničujejo oziroma drobijo kamenine, jih transportirajo v sedimentacijske prostore, kjer se drobci odlagajo. Po navadi transportirajo površinske vode velike količine raztopljenih mineralnih snovi, ki se po fizikalno-kemičnih procesih sprimejo ali litificirajo v trdno kamnino. Razvrščamo jih po načinu nastanka in mineralni sestavi.

Klastične sedimentne kamnine:

-Klastične: Nastajajo z akumulacijo odlomkov mineralov in kamnin (magmatskih, sedimentnih, metamorfnih) zaradi učinkovanja zunanjih kemičnih in fizikalnih procesov. Med minerali prevladuje obstojni kremen. Ločijo se: -vezani ali litificirani (peščenjak, konglomerat)
-nevezani (gline, melji, pesek, prod)
-Piroklastične: So ognjeniškega porekla a se prištevajo h klastičnim zaradi načina nastanka. Izvrženi ognjeniški material se prav tako sčasoma sprime v trdno kamnino. Pravtako jih ločimo na *vezane* (breče, tufi, tufiti) in *nevezane* (pesek, ognjeniški pepel).

Kemične sedimentne kamnine:

-Kemični: Nastajajo samo kot posledica delovanja zunanjih fizikalno-kemičnih procesov z neposrednim izločanjem mineralnih snovi iz vodnih raztopin (kot naprimer nabiranja apnenca pod kapniki) ali pa so se tvorili kot reakcija med mineralnimi snovmi in vodnimi raztopinami. Med kemične sedimente torej sodijo: kamena sol, sadra, anhidrid in nekateri apnenci ter dolomiti.
-Biogenokemične: Nastajajo kot posledica delovanja organizmov, ki s pomočjo kemijskih in fizikalnih dejavnikov v okolju svoj skelet tvorijo iz kalcijevega karbonata in kremena, zato lahko te kamnine vsebujejo mnogo fosilov, ki so *kamnitvorni*. Primeri takšnih so numulitni apnenec (piramide), školjkov apnenec in koralni apnenec.

Metamorfne kamenine:

Metamorfne kamenine nastajajo s preobrazbo magmatskih in sedimentnih kamenin pod določenimi zunanjimi vplivi (visoka temperatura, tlak). Pri metamorfozi ali preobrazbi, ki poteka v globoki litosferi nastajajo novi minerali, ki so značilni le za te vrste kamenin, saj se preobrazita mineralna sestava in struktura kamenin. Znana metamorfna kamnina je marmor, ki je nastal s prekristalizacijo jedrnatih sedimentnih kamnin – apnenca in dolomita.
Metamorfne kamnine se razvrščajo na osnovi mineralne sestave in strukture v različne skupine: Filiti, skrilavci, gnajsi, amfiboliti, marmorji, kvarciti in drugi (eklogiti – nastali pri izjemno visokih temperaturah, granuliti)

Fizikalne lastnosti kamenin:

Gostota: **Je enota mase na prostornino vključno s porami. Določa se s suhim kamnom, ki se ga posuši na temperaturi 100-110°C. Specifična masa kamene snovi se določa na zdrobljenem kamnu.**

***Poroznost*:** **Je najpomembnejša fizikalna lastnost, saj vpliva na vse mehanske lastnosti. Določa se kot razmerje skupne prostornine por proti celotni prostornini kamna. Pri manj poroznih je 1-2%, bi zmerno 2.5-5%, pri poroznih je 10-20%, pri zelo poroznih pa nad 20%.**

Vodoprepustnost: **Je lastnost, ki nam pove koliko vode lahko prepusti v določenem času pri delovanju določenega tlaka. Je povezana s poroznostjo, vendar ne v proporcionalnem razmerju.**

Higroskopnost: Je sposobnost kamna, da vpija vodo zaradi kapilarnega transporta vlage. Na to lastnost vplivajo pore, ki so medsebojno povezane ali pa odprte. To preizkušamo tako, da kamen izpostavimo tlaku 150 barov. Iz razmerja količine vode pod povečanim tlakom in atmosferskim tlakom se določi koeficient zasičenosti. Velikost koeficienta je svojevrstno merilo za trdnost, odpornost in obstojnost kamna.

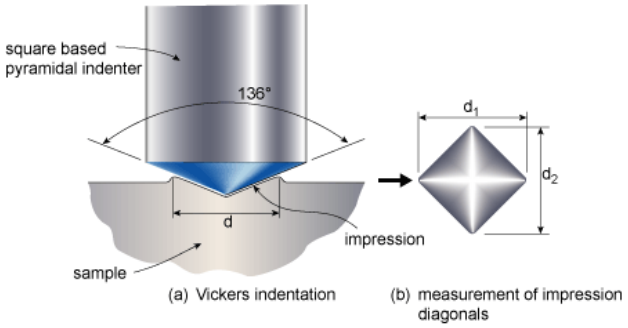
Naravna vlažnost: Je vlažnost kamna, ki jo ima pred in takoj po odvzemu iz nahajališča. Veter in sonce mu jo znižujeta, saj tako akmen pridobi na trdoti in trdnosti, naravno vlažnost pa mu praktično nemogoče povrniti.

Zmrzlinska odpornost: Je neposredno odvisna od poroznosti in posledično tudi od higroskopnosti. Struktura kamna se spreminja zaradi delovanja temperaturnih sprememb. S preiskavami, kjer ciklično spreminjajo temperaturo (30 x od 20 do -25°C), lahko določimo koeficient zmrzlinske odpornosti, ki je razmerje med tlačno trdnostjo suhega kamna pred zmrzovanjem in trdnostjo kamna po zmrzovanju.

Temperaturna obstojnost: Večina kamnov se normalno obnaša do temperature 55°C, potem pa kamen pri trku več ne zvoni, poka, znižujejo pa se tudi ostale mehanske lastnosti. Obstojnost je torej povezana s temperaturnim raztezkom.

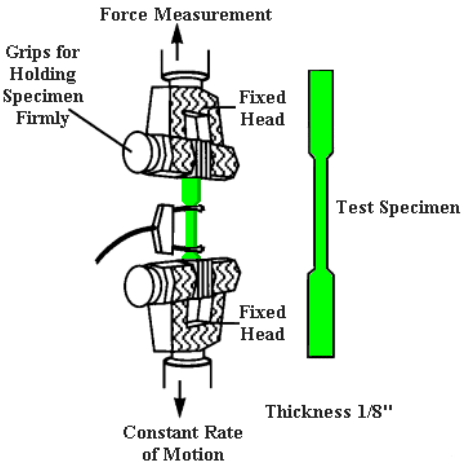
Mehanske lastnosti kamenin:

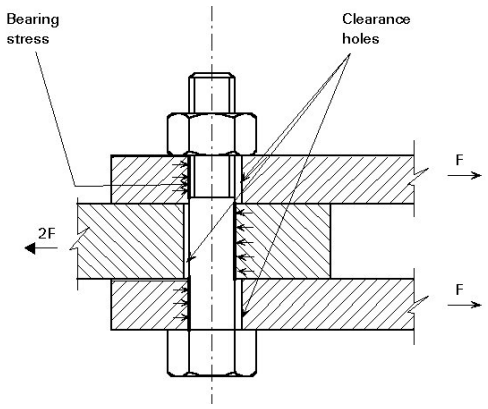
Trdota: Trdota je lastnost materiala, da se upira vdoru nekega drugega v njegovo notranjost. Najtrša stvar na svetu je diamant, vse druge trdote so relativne nanj . Trdoto merimo z različnimi poskusi, eden takšnih je pri kakšni sili povzroči diamant kako globoko luknjo na merjencu. Trdota kamna je odvisna od veznega cementa, ki povezuje mineralna zrna. Pomembna je zaradi izbire orodja za obdelovanje kamna in za izbiro kamna za obrabne površine.



Tlačna trdnost: Tlačna trdnost je lastnost materiala proti deformaciji oziroma zlomu pri pritiskanju nanj z določeno silo. To preizkušamo s kockami s stranico 5cm. Naredimo 15 vzorcev; 5 ki so sušeni na zraku, 5, ki so zasičeni z vodo in 5, ki so prestali 25 ciklov zmrzovanja. Iz razmerij tlačnih trdnosti se določajo parametri, ki vplivajo na mehanske lastnosti, določi pa se tudi koeficient varnosti, ki je odvisen od homogenosti kamnine, trdnosti mineralov in njihove povezave, od vloge kamna v zgradbi in napetostnega stanja, ki mu ga povzročajo zunanje obremenitve. Koeficient varnosti pri kamninah se giblje nekje med 10-40.

Upogibna in natezna trdnost: Gradbeni kamen ima razmeroma nizko natezno in upogibno trdnost, zato take obremenitve pri kamnitih blokih niso nevarne, pridejo ap do izraza pri tanjših kamnitih ploščah.





Strižna trdnost: Je zelo pomembna pri izbiri kamna za vozišče konstrukcije in se določa z neposredno strižno preiskavo prizem.

Odpornost na obrabo: Obraba je odvisna od trdote sestavin kamnine in načina sestavljenosti ter načina delovanja obrabne obtežbe. Preizkuša se z obrusom kocke na rotirajoči se plošči na katero se posipa korudni prah. Tako dobimo koeficient obrabe, ki pa varira za vsako različno metodo preizkušanja, zato moramo zraven pojasniti tudi katero metodo smo uporabili.

Odpornost kamna na udarce in trdnost robov: Ti lastnosti sta pomembni predvsem v cestogradnji. Preizkušamo jih tako da damo merjence v boben z jeklenim zobom, vanj pa damo tudi jeklene krogle, ki med vrtenjem bobna udarjajo v preizkušance. Obrabo pri udarcu se izrazi kot razmerje med izgubo materiala in njegovo prvotno maso.

Žilavost: Žilavost se preizkuša z udarno obtežbo do porušitve vzorca. Mera za žilavost kamna je razmerje med celotno porušno energijo prostornino preizkušanca.

Tehnološke lastnosti kamenin:

Sprijemnost malte in kamna: Je pomembna lastnost, ki se jo mora zelo upoštevati pri zidanju kamnitih konstrukcij ali njihovega ometavanja. Odvisna je predvsem od površine in strukture kamna ter od kakovosti in sestave malte. Znano je, da se malta dobro sprime z površinsko grobim in poroznim kamnom.

Barva kamna: Je predvsem estetska lastnost in je odvisna od mineralne sestave kamnine in barve veznega cementa. Pomembna je obstojnost barve, ki je različna pri različnih kamninah in različni izpostavljenosti atmosferskim vplivom. Neobstojnost se lahko ugotovi z izpostavljanjem polakiranega vzorca atmosferskim vplivom ali pa blagim kislinam.

Poliranje kamna: S poliranjem se poudarja barva in struktura kamna ter povečuje njegova odpornost. Trd, jeder, drobnozrnat kamen kvalitetno kristaliziranih kamenin je zelo primeren za vidne obloge.

Značilnosti kamenin, ki se najpogosteje uporabljajo v gradbeništvu:

Granit: Graniti so najbolj pogosto uporabljene magmatske kamnine v gradbeništvu. Nekateri so zaradi velike količine glinencev in mineralov z zanimivo barvitostjo dobro primerni za luksuzne obloge, saj ustvarjajo zanimive efekte. Granit ima zanj značilne izjemno dobre lastnosti. Ima zelo veliko gostoto, visoko tlačno trdnost, majhno poroznost ter drobno do srednje grobo zrnatost. Ravno zaradi velike trdote, trdnosti in gostote je njegovo pridobivanje težko (potrebno ga je razstreljevati in rezati s diamantnimi rezili), posledično pa so stroški pridobivanja in obdelave zelo visoki. Primeren je predvsem za obloge (predvsem zaradi trdote, majhne poroznosti, izgleda in cene). V preteklosti pa je bil uporabljen predvsem v cestogradnji (kocke in robniki iz tonalita).

Peščenjaki: So sedimentne kamnine, ki jih zelo pogosto srečamo v konstrukcijah. So kremenčevi odkruški velikosti do 2mm, ki so povezani s cementi. Pridobivanje peščenjakov je relativno preprosta, saj se v naravi nahajajo v plasteh. Trdnost je odvisna predvsem od poroznosti in atmosferskih vplivov, zato je trdnost zelo varira, saj je razpon poroznosti od 1-25%. Zaradi grobe zrnavosti niso najbolj primerni za brušenje. Velik vpliv na peščenjake ima onesnaženo okolje, saj lahko povzroči poškodbe zaradi kristalizacije pod površino in spremembe barve in čistosti površine (nekateri kar počrnijo). Zato danes poznamo tudi posebne postopke pranja in zaščite površin.

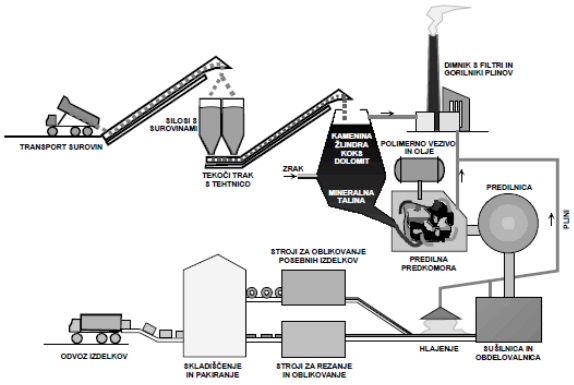
Apnenci: Apnenci in dolomiti so pri nas najbolj razširjene kamnine, saj praktično ves kraški svet sestoji iz teh dveh kamnin. Sestavljeni so pretežko in kalcijevega karbonata ($CaCO_3$). Tvorijo se z medsebojnim vezanjem apnenčastih plasti pod vplivom vode, ki raztaplja in izloča kalcij. Nečistoče v apnencih pogosto povzročajo spremembe barve in teksture. Starejši apnenci so kvalitetnejši, saj so v splošnem bolj gosti, bolj kristalne strukture in zato tudi bolj trdni in odporni. Nekateri apnenci so celo podobni marmorjem, zato jih obdelujemo in poliramo.
Zaradi svoje kemične zgradbe so zelo občutljivi na zunanje vplive, saj imajo v sebi vodo in sol, ki pod vplivi zunanjih pogojev lezejo na površje. Nekateri so mnenja da jih je pred končanjem tega procesa najbolje obdelovati (potem se nabere trda skorja), drugi pa so mnenja, da je bolje, da se te snovi izločijo iz apnenca. Po procesu izločanja je namreč apnenec zmrzlinsko odpornejši , čeprav to pa je to manjši problem kot pa nastajanje žveplovih kislin zaradi onesnaženosti zraka ali pa nastajanje soli na skorji.
Apnenec ima poroznost med 1-40%, vendar pa je najpogostejša poroznost okoli 2%.

Marmorji: So metamorfne kamnine, ki so nastale z rekristalizacijo apnencev in dolomitov. So zrnate strukturo z velikim razponom velikosti zrn (od mikroskopskih do nekaj mm). Lahko so povsem beli, po navadi pa imajo kot posledico nečistoč lepo prelepo barvo, zato se jih tudi uporablja za okras, njihovo lepoto pa se poudarja s poliranjem površin in brušenjem do visokega sijaja. Po lastnostih so podobni apnencem, le da so zaradi manjše poroznosti bolj odporni in obstojni. Zaradi vplivov okolja, ki lahko marmor močno poškoduje se uporabljajo predvsem za notranje dekorativne obloge.

Skriljevci: So tudi predstavniki metamorfnih kamnin, ki pa so nastali s preobrazbo gline, glinastih skriljevcev in ostalih kamnin pod visokim pritiskom in temperaturo. So izredno plastoviti, večje plošče se oblikujejo na narežejo na veliko tanjše(3-5mm) , ki so uporabljene kot kakovostna kritina. Debelejše plošče pa se uporabljajo za tlakovanje, okenske police, obrobe in podobne elemente.

Mineralna volna:

Iz mineralov, ki vsebujejo magmatske kamnine, kremenčeve in druge eruptivne peske, žlindro, odpadno steklo ali celo odpadno mineralno volno, se izdeluje mineralna volna, ki ima izjemne izolacijske lastnosti. Glede na prevladujočo surovino iz katere se proizvaja delimo *kamene, steklene* in *žlindrine volne*. Značilnosti mineralne volne so, da ovirajo izgube energije, ki jo vložimo v stavbo, torej izolirajo pred toploto, hrupom, in celo pred visokimi temperaturami – ovirajo širjenja požarov. Njene izjemne termalne, ognjeodporne in akustične lastnosti izvirajo iz strukture, ki jo tvorijo medsebojno prepletene mineralne niti in iz kemične sestave le teh, ki je odvisna predvsem od mešanice vloženih surovin.



Tehnični kamen in mineralni agregat:

Tehnični kamen se pridobiva kot stranski produkt v kamnolomih, kjer si želijo pridobivati velike kamene bloke, zraven pa je veliko drobnejšega kamna. Včasih so iz tehničnega kamna gradili tudi zgradbe, dandanes pa ga uporabljamo pri zidavi prometnic (železnice, ceste) in kot osnovna sestavina za izdelavo betonov. Mineralni agregat ločimo po načinu pridobivanja:

-Lomljenec: Nastaja z drobljenjem večjih kosov kamna in ima ostre robove (železnice), je pa tudi manj trden zaradi notranjih razpok

-Gramoz: Je aluvialnega izvora in ima oble robove ter raznoliko mineralno sestavo, ki je odvisna od izvora rečnih nanosov.

Granitne in bazaltne agregate odlikuje visoka trdnost in obrabna odpornost, medtem ko apnenčaste velika razširjenost in nizka cena.

Vloga agregata v betonu:

Agregate lahko definiramo kot čist, trd in inerten (kemično nevtralen, ko pride v stik z drugimi surovinami) material, ki ga vgrajujemo v betonske mešanice. V običajnih betonih agregat sestavlja okoli 75% prostornine, pri betonih nizke trdnosti pa tudi do 85% prostornine. Njegova vloga je:

- Znižujejo ceno betona, saj je njihovo pridobivanje poceni (potrebno jih je le izkopati, oprati, presejati in transportirati na mesto)
-Ustrezno sestavljeni po frakcijah oblikujejo koheziven beton, ki ga je lahko obdelati v svežem stanju.
-Znižujejo hidratacijsko temperaturo betona, ker so običajno kemično interni in delujejo kot odvajalci toplote nastale s hidratacijo cementa.
-Zmanjšujejo krčenje betona, ker na večino agregatov voda ne deluje in zato lahko omejujejo krčenje cementne paste med hidratacijo.
-Uravnavajo površinske trdote betona, saj so odpornejši na obrus kot cementni kamen (v ekstremnih okoliščinah se lahko uporablja celo obrusno odporni granitni ali drugi agregati iz magmatskih kamnin.
-Ustvarjajo barvitost betonske površine
-Kontrolirajo gostoto betona
-Zvišajo požarno odpornost betona.

Vpliv lastnosti agregata na lastnosti betona:

Gostota: Gostota agregata je odvisna od njegovega izvora in variira od 500 kg/m^3 do 7000 kg/m^3. Gostoto materiala, ki tvori agregat pogosto imenujemo kar *relativna gostota* – to je razmerje med gostoto agregata in gostoto vode. Zaradi različnega obravnavanja praznin v zrnih agregata ločimo:

-Normalna relativna gostota: Razmerje med maso naravno suhega agregata in njegovo prostornino brez por. (najvišja)

-Relativna gostota z vodo zasičenega a površinsko suhega agregata: Razmerje mase agregata skupaj z maso vode v porah in prostornino agregat skupaj s porami

-Relativna gostota agregata osušenega v peči: Razmerje mase osušenega agregata v peči in prostornine agregata skupaj s porami. (najnižja)

Maksimalno zrno: Za različne namene obravnavamo različno velikost zrn. V splošnem velja, da velikost maksimalnega zrna v betonu ne sme presegati 25% minimalne izmere konstrukcije. Pri večini konstrukcij je tako maksimalno zrno agregata med 16mm in 32mm, pri raznih preprostejših ločnih pregradah pa včasih tudi 64mm. Pri slednjih se lahko v beton vgrajujejo tudi veliki kosi kamna, vendar ne smejo presegati velikosti 30% minimalne izmere. Problem pri velikih zrnih agregata je namreč, da zmanjšajo hidratacijsko temperaturo, sami po sebi pa so tudi tako veliki, da je med njimi veliko prostora, tako da so za beton bolj primerna bolj drobna zrna, saj bolje zapolnijo prostor. Po drugi strani pa ima zaradi velikih stičnih površin takšen beton tudi nižjo trdnost.

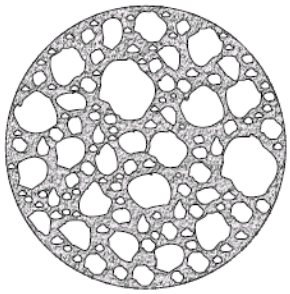
Oblika zrn agregata: Oblika zrn je odvisna od izvora agregata. Pri vodonosnih je ta pravilna kroglasta oblika, pri lomljencih pa kvadraste. Večinoma pa so zrna vmesne oblike in so bolj ali manj nepravilne. Kroglaste oblike nam omogočajo boljšo vgradljivost, medtem ko se z lomljenim agregatom lahko dosegajo veliko višje trdnosti, kar je bistvenega pomena pri visokonosilnih betonih, kjer pa ostrorobi argegati ne predstavljajo problema z vgradljivostjo. Zrna agregatov s poudarjeno obliko (ploščato, paličasto) pa so manj primerna za vgradnjo, saj imajo poudarjeno neizotropne lastnosti.

Površinska tekstura: Poznamo dve ekstremni površini – groba in fina. Groba površina nam za razliko od fine omogoča izredno sprijemnost med cementnim kamnom in zrnom agregata in visoko trdnost (če je agregat sam po sebi trden, vendar pa nekoliko zmanjšujejo vgradljivost betona.

Trdnost agregata: Z uporabo agregata nizke trdnosti ne moremo doseči visoke trdnosti samega betona ne glede na količino in kakovost ostalih komponent. Zaradi nizke trdnosti agregata večji del napetosti prevzame cementni kamen, ki se zaradi tega predčasno poruši. Posledično je potrebno za visokonosilne konstrukcije uporabiti kvaliteten agregat z visoko trdnostjo, ki je pa lahko izjemno drag, zato je včasih ceneje, če vgradimo v beton manj agregata in več cementnega kamna (čeprav velja cementni kamen za dragega je njegova cena proti ceni agregata kot je granit sorazmerno nizka).

Kakovost agregata: Agregat je kakovostnejši, če ima prisotnih čim manj različnih primesi, ki negativno vplivajo na lastnosti betona.

Praškasti delci: To so drobni delci, ki padejo skozi sito z odprtino 0.075mm. Če imamo v agregatu visoko količino praškastih delcev moramo to upoštevati pri dodajanju vode, saj imajo ti delci zaradi svoje drobnosti veliko specifično površino in zato potrebujemo več vode za zagotavljanje ustrezne vgradljivosti betona.

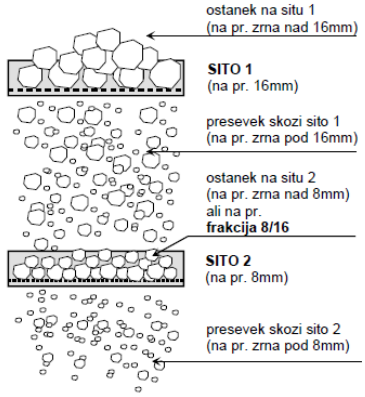


Zrnatost(granulomerijska sestava): S tem izrazom opisujemo relativno razmerje različnih velikosti zrn med nominalno maksimalnim zrnom in najdrobnejšim prisotnim delcem materiala, ki gre skozi sito velikosti 0.25mm. Ustrezna zrnatost omogoča izdelavo svežega betona z ustreznimi lastnostmi, saj ustrezno granuliran agregat dobro zapolni ves prostor in onemogoča segregacijo sveže betonske mešanice. Praznine med posameznimi večji delci dobro zapolnijo manjši delci, zato je potrebno poznati dobro razmerje le teh.
Predpisi oz. standardi predpisujejo zrnatost v obliki krivulj, ki predstavljajo razmerje med odprtino sita in količino presevka skozi določeno sito izraženo v % od celotne količine agregata. Pojmi:

-Presevek: Količina agregata, ki pade skozi določeno sito

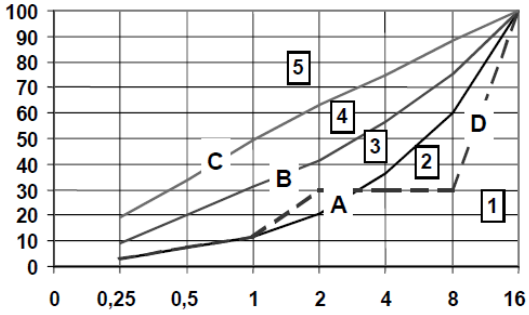
-Ostanek: Količina agregata, ki ostane na določenem situ

-Frakcija: Je količina agregata, ki pade skozi sito z določenim premerom odprtin in ostane na situ s manjšim premerom odprtin (npr. 16/32).



Shematski prikaz sejanja agregata in pojasnilo pojmov

Za mešanje betona lahko uporabimo tudi na prvi pogled manj ustrezna ali popolna razmerja frakcij in dobimo visokokakovostni beton (diskontirana zrnata sestava) vendar je pogoj za to ustrezen cement, ustrezen vodocementni količnik, ustrezna vgradnja in seveda tudi nega.



Organske primesi: Organske primesi so po večini kisli in zmanjšujejo alkalnost cementne paste, ki je nujna za proces hidratacije. To vpliva na vezanje paste in njeno trdnost. Primesi izvirajo predvsem iz nečistoč v katerih so večinoma ostanki rastlinstva in maščobe.

Soli: Soli na agregatih so značilne predvsem za morske agregate. Na njih tvorijo tanke plasti, ki se lahko odstranijo s pitno vodo. Sol pospešuje zgodnje faze hidratacije cementa, še bolj nevarno pa je to da povzroča korozija na elementih armature pri armiranih betonih.

Snovi, ki reagirajo: Posamezni minerali, ki se nahajajo v zrnih agregata lahko močno alkalno reagirajo. Prisotnost različnih hidroksilnih in alkalno-kovinskih ionov oblikuje alkalno-silikatni gel, ki nabrekne, ko pride v stik z vodo in povzroči hidravlični pritisk, ki se odraža v nabrekanju in pokanju agregata, akr povzroči tudi notranje obremenitve v cementnem kamnu, in če gre za razširjen pojav tudi poškodbe v celotni betonski masi.

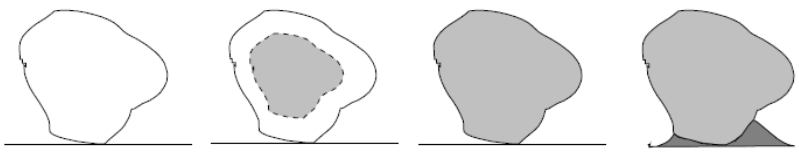
Vlažnost: Agregati večinoma vsebujejo določeno količino vodo. Količino vode moramo natančno vedeti, saj jo je potrebno upoštevati pri izbiri ustreznega vodocementnega količnika. Glede na količino vlage ločimo 4 stanja:

-Osušen v peči (je agregat, ki ga v pečici osušimo na 105°C in v sebi ne zadržuje vlage)

-Zračno suh (je agregat, ki ima suhe le površine)

-Zasičen z vlago (je agregat, ki je površinsko sicer suh, vendar v svoji notranjosti vsebuje velike količine vode (v porah).

-Moker (je povsem moker, voda se nahaja tudi na površini. Takšen je v naravi najbolj pogost).



GRADBENA KERAMIKA IN STEKLO

Surovinska osnova:

Najstarejša umeta gradiva so bila izdelana iz keramike. Keramika pravzaprav izhaja iz grške besede keramos, kar pomeni »lončarska glina«. Surovinska osnova vsebuje dva najbolj razširjena elementa v litosferi – kisik in silicij, ki v obliki kremena (SiO_2) predstavljata osnovo surovine za izdelavo keramike – glino. Osnovna lastnost gline je, da je, če vsebuje vodo, plastična.

Osnovne sestavine gline so kaolin, kremen in glinenec (ki vpliva na znižanje tališča gline – zelo pomembno). V keramični industriji se uporabljajo različne vrste gline, ime le teh pa je odvisno od značilne komponente.: - Montmorilonitna (nabreka v vlagi in je občutljiva pri sušenju)

-Kaolinska (se uporablja za izdelavo ognjestalnih keramik)

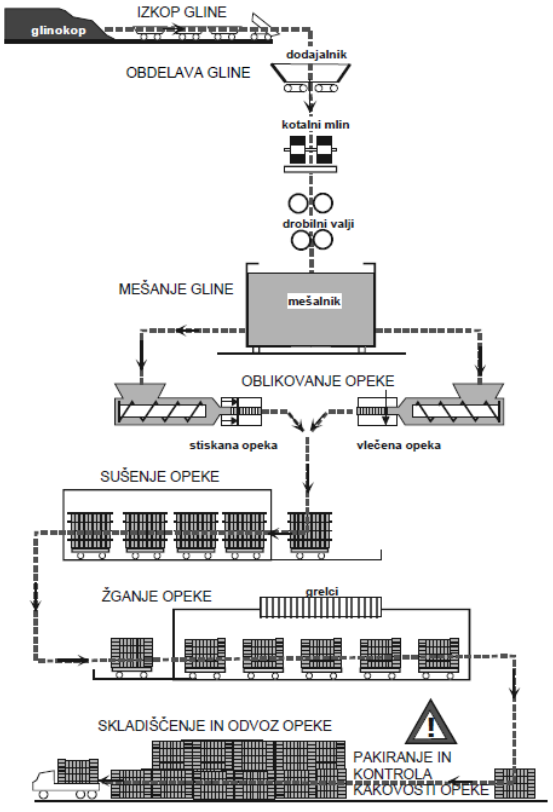
-Ilitna (so manj občutljive pri sušenju, zato jih uporabljamo pri opekarstvu)

- Keramična masa, ki jo običajno uporabljamo za izdelavo gradbene keramike ima 10-25% kaolina, 55-65% kremena in 25% glinenca.

Glina se oblikuje v tekočem, plastičnem, polplastičnem, suhem ali praškastem stanju. Izdelki se nato sušijo ali pečejo na različnih temperaturah in s tem dobijo določene mehanske lastnosti. Žgani keramični izdelki so produkti faznih sprememb nekovinskih materialov na visokih temperaturah (sintranje) – podobno kot magmatske kamenine v naravi). V graditeljstvu se najpogosteje uporabljajo naslednje: -Groba keramika (opeke, strešniki, drenažne in tehnične cevi, tehnična posoda)

-Fina keramika (glazirane in neglazirane ploščice, sanitarna keramika, porcelan, elektroporcelan, ognjevarna posoda)

-Steklo



Izdelava keramike:

Tehnološki postopki za izdelavo keramičnih izdelkov so:

-Stiskanje (suho, polvlažno, vlažno)

-Vlivanje (na povišani temperaturi)

-Struženje

Glineno maso pripravijo s suhim in mokrim mletjem, nato pa se večkrat preseje in filtrira do primerne finosti. Za tem pa se s hidravličnimi in trenjskimi prešami stisnejo tako da se ven iztisne zrak.

Struženje na lončarskem je najstarejši postopek za izdelavo keramičnih izdelkov. Izvaja se tako ročno kot strojno, pomembno pa je, da je izdelek in okolje dovolj vlažno, ter da so stene izdelka enakomerno debele.

Pečenje in glaziranje sledi sušenju izdelkov pri tempraturi okoli 65°C. Keramične izdelke pečemo an tempraturi okoli 1000°C in jih nato glaziramo s potapljanjem, prelivanjem ali brizganjem.

Glazuro nato pečemo na tempraturi od 1100°C do 1410°C (trdi porcelan). Keramiko pečemo v tunelskih pečeh, kjer izdelek najprej preide z dela z nižjo temperaturo v del z višjo temperaturo in nato spet v del z nižjo temperaturo, to je zelo pomembno, saj ne želimo ustvariti prevelikih temperaturnih šokov, kot so to včasih ustvarjale komorne peči.

Vrste gradbene keramike:

Zidaki in modularni bloki: Izdelujejo se iz peščenih glin z nizkim tališčem ali iz laporastih glin, ki ne vsebujejo škodljivih primesi. Imajo fino zrnato strukturo, saj karbonati izboljšujejo kakovost keramične mase, če so enakomerno razporejeni in v obliki finih zrnc. Večje granule apnenca morajo zmleti, ker lahko škodujejo proizvodu- apnenec ($CaCO_3$) se med pečenjem pretvori v žgano apno, ki hidratizira pod vplivom vode. Nastano gašeno apno nabreka, povzroči razpoke in krušenje keramičnega izdelka. Zato je ena od pomembnih faz ravno drobljenje mlete gline.
Vrste opek in njihove kakovosti so opredeljena s standardi. Seveda so določene tudi dimenzije, tako v Sloveniji srečamo nekaj formatov opeke (od starega rimskega, starega avstrijskega do novega standardnega). Standardna opeka ima dimenzije dolžina:širina:višina= 4:2:1 ali 250:120:60. Opeke sodijo med zelo trajna in obstojna gradiva, če le so kvalitetno narejena. Posebej trajne in odporne so tiste, ki so narejene pri visokih stopnja sintranja.

Navadni opečni zidaki: So polna opeka, polna fasadna opeka, votla fasadna opeka, opečni bloki, votle obložne plošče itd. Posebne vrste zidakov se odlikujejo po značilnostih, ki določajo področja uporabe.

Zidaki z velikim številom zaprtih por: Zelo dobro izolirajo toploto, naredi pa se jih tako, da se jim ob ustvarjanju mase doda žagovino, ki nato med pečenjem zgori in tako ostanejo pore.

Klinker opeka: Je zelo trdna opeka, ki ima visoko obrabno odpornost, saj se sintra pri 1200°C, ter se zato uporablja za oblaganje obremenjenih površin. V zahodni Evropi se uporablja za pločnike in vozišča v mestih in za oblaganjem mostnih opornikov. Je tudi zmrzlinsko odporna, saj vpije zelo malo vlage.

Šamotna opeka: Je ognjeodporna, ker je narejena iz ognjeodporne gline in šamotne moke. Uporablja se za obloge kurišč (močno se segreje in oddaja toploto nazaj v izvor ter ga s tem na nek način tudi izolira.

Kislinsko odporne opeke: Se uporablajjo v močno agresivnih okoljih in so odporne na kisline in luge.

Apneno-silikatni zidaki: So narejeni iz kremenčevega peska in gašenega apna. Oblikujejo se s stiskanjem v ustrezne kalupe. Končni produkt so beli zidaki z visoko trdnostjo.

Strešniki: Najbolj običajna in tradicionalna strešnika pri nas sta bobrovec (notranja Slovenija) in slemenjak (primorska), pogost pa je tudi zareznik.

Vrste zidakov po Eurocode 6: Ta loči opeke v 6 različnih skupin glede na vrsto materiala iz katerega so narejeni:

-Zidaki iz žgane gline (trajnost se dosega z žganjem pri visokih temp.)
-Apneno-silikatni zidaki
-Betonski zidaki iz agregata normalne gostote + iz lahkega agregata (ekspandirana glina, ekspandirana žlindra)
-Avtoklavirani aerirani betonski bloki (siporex)
-Zidaki iz umetnega kamna
-Zidni bloki (izdelani in obdelane ali delno obdelane kamnine)

Lastnosti zidakov in strešnikov:

Ločimo fizikalne lastnosti (barva, tekstura, oblika, velikost,..) in inženirske lastnosti (poroznost, trdnost, modul elastičnosti,..)

Gostota: Je odvisna od vrste gline in se giblje od 2250 do 2800 kg/m^3. Pri gostoti pa je potrebno upoštevati še poroznost.

Odprta poroznost: Je lastnost, ki jo moramo dokaj natančno vedeti. Fino porozno suha opeka namreč zelo hitro vsrkava vlago, kar pomeni, da je ima lahko v sebi velike količine vode. To moramo upoštevati pri nanašanju malte, saj je lahko zaradi prevelike vlage ta premokra. Opeka pa je lahko tudi presuha in tako nemudoma iz malte absorbira vodo, ki je bila sicer namenjena za vezanje. Vlažnost lahko preverimo s kovancem (20 kapljic vode, če posrka v manj kot 90 sekundah je presuha).

Trdnost: Je odvisna od njene poroznosti

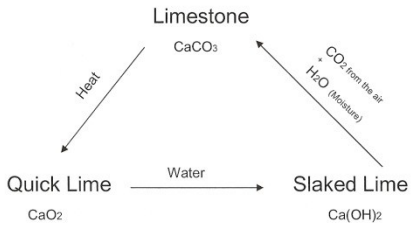
Eflorescenca: Je izločanje v vodi topnih soli, ki se naberejo na površini opečnega izdelka zaradi hlapenja vode. Soli so prisotne v vodi ali pa pridejo iz okolja. Običajno jih je 0.1-1%, zgornja meja pa je 5%. Soli se sicer sperejo s površine, problem pa so le če se naberejo pod ometom in povzročijo odpadanje.

Količina apnenih zrn: Mora biti majhna, saj pri gašenju CaO pride do nabrekanja in krušenja.

Odpornost : -Na zmrzal: Povzroča mehansko popadanje opeke, ki nastaja zaradi nabrekanja ledu v porah in širjenja razpok.

-Kemična: Ima dobro kemično odpornost za normalne razmere

-Požarna: Je visoka, je pa res da lahko termalni šoki povzročijo resne poškodbe na materialu.



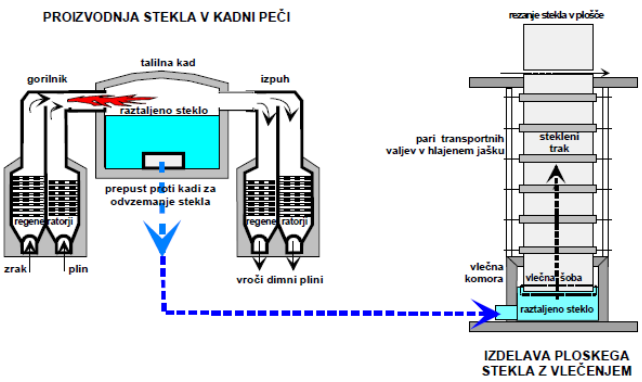
STEKLO

Steklo ima lastnosti trdne snovi, ki se v daljšem časovnem obdobju obnaša kot tekočina. Visoka viskoznost zavira kristalizacijo, tako da steklo na nek način »zamrzne«. Njegove značilnosti so pogojene z njegovo nekristalasto zgradbo. Med naravnimi stekli je zelo pogost obsidijan (vulkanskega izvora), umetna stekla pa tudi proizvajamo že 7000 let. Steklo se je bolje izpopolnilo v letu 1600, ko je bilo uporabljeno za mikroskop in teleskop. Ima dobre mehanske in optične lastnosti in zelo široko uporabo v gradbeništvu v več oblikah (od ravnih plošč pa vse do vlaken).

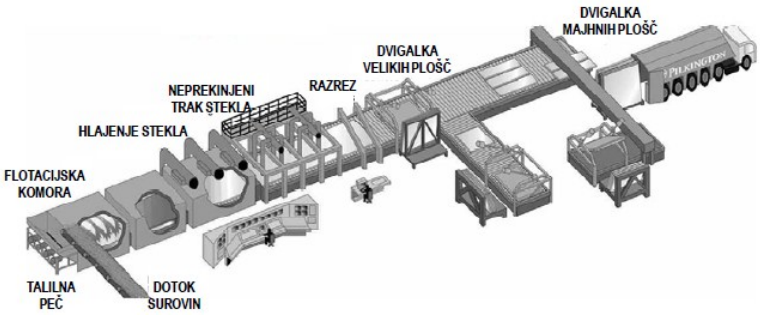
Proizvodnja in splošne lastnosti stekla:

Steklo je superviskozna tekočina, ki vsebuje predvsem kremen in enega ali več kovinskih oksidov v amorfnem oz. nekristalnem stanju. Ojačimo ga lahko z vstavljanjem kovinskih mrežic ali polimernih folij. Značilna lastnost stekla je lomni količnik (razmerje sinusa vpadnega kota in odbojnega kota svetlobe). Osnovna sestavina za izdelavo stekla je kremen (SiO_2) – najkakovostnejša stekla so iz čistega kremena. Za običajna okenska stekla pa so sestavine: 74% kremena, 12% sode, 8% apna, 6% drugih snovi. Najprej so stekla talili pri 1600 (kremen) nato pa so spoznali da apno in soda bistveno znižata tališče. Talina se bistri pri 1300-1600°C.

Klasična proizvodnja stekla poteka z vlečenjem delno ohlajene mase skozi sisteme valjev. Na začetku se steklo samo raztegne, nato se pa lahko še odtisne z negativom vzorca. Ta metoda pa se je danes že v 90% proizvodnje nadomestila z metodo proizvodnje s flotacijskim postopkom.



Proizvodnja ravnega stekla s flotacijsko metodo temelji na principu razlitja steklene taline na gostejšo talino (staljeni kositer). To se nato ohladi in dobimo visokokvalitetno steklo brez neravnin, kot so to lahko pustili valji pri vlečenju stekla.



Posebna lastnost stekla je, da se pri prehodu iz tekočega v trdno stanje nič ne skrči, saj pri prehodu ne nastajajo kristali, ki bi imeli manjšo prostornino. Steklo se lahko obravnava kot eno samo molekulo, saj je prehod svetlobe skozi steklo neoviran. Steklo je korozijsko odporno, ker sestoji samo iz oksidov. Je zelo krhko, zato je ob pojavu prvih razpok porušitev hitro razširi po celotnem materialu.

Stekla delimo v 7 glavnih skupin glede na njihovo sestavo in lastnosti:

-Natrij-kalcijevo
-Svinčeno
-Kremenčevo
-Pirokeramično
-Borosilikatno
-Aluminosilikatno
-Čisto kremenčevo

Posebne vrste stekel:

Barvana stekla: Začeli so ga proizvajati v srednjem veku za potrebe cerkev in palač. Lahko se ga izdeluje kot dvoplastno steklo sestavljeno iz prozornega stekla in nanosa plasti barvnega stekla. Želeno barvo se doseže s pomočjo kovinskih oksidov, odvisna pa je tudi od njegove vrste.

Ornamentna stekla: Se proizvajajo z mehanskim vtiskanjem vzorca v steklo s pomočjo valjev (negativ). Posebna vrsta je opalno steklo, ki se izdeluje z vtiskanjem drobnih kristalov v čisto stekleno matriko in daje videz zaledenele površine.

Ogledala: Izdelujejo jih z nanosim tanke kovinske prevleke na eno površino stekla. Originalna beneška so bila prekrita s strupenimi snovmi, dandanes pa so s srebrno prevleko ki jo nanesejo z elektrolitskim postopkom. Posebna vrsta ogledal so enosmerna, ki jih izdelujejo s pritrditvijo tanke zrcalne plasti na eni stran steklene plošče. Za osebo v temnejšem prostoru je to potem prozorno steklo, za osebo v svetlejšem a ogledalo.

Varnostna stekla: Najbolj znana so žična, ki imajo v sebi tanke kovinske mreže, ki služijo temu, da steklo obdržijo skupaj, ko se to razbije, tempirana in laminirana.

Tempirana: So prednapeta stekla (steklo se naknadno segreva brez izgube predhodne oblike, nato pa se hladi z zračnimi curki ali olji). Poznamo termalno in kemično tempiranje. Pri slednjem se trdnost žilavost stekla dosega s potapljanjem v kalijev klorid. Prednost tempiranje je v tem, da je steklo bolj odporno na udarce in trdno, problem pa nastane, če je površina že poškodovana. Dobra stran takšnega stekla je tudi to, da so razbiti košči manj ostri in bolj drobni, zato jih uporabljamo za izdelavo očal, varnostnih stekel v avtomobilu, vrata,..

Lamelirana: So stekla sestavljena iz plasti steklenih plošč z vmesnimi ojačitvenimi plastmi. Lamelirano steklo ima izjemno odpornost na udarce, zato se uporabljajo za stekla za avtomobile, če sestavimo večje število takšnih plasti pa naredimo za krogle neprebojno steklo. Proizvodnaj poteka v »čistih sobah«, kjer ni niti praha niti vlage.

Stekla, ki reagirajo na žarčenje: Spremenijo barvo ali prosojnost, ko so izpostavljene svetlobi ali žarčenju.

Fotokromatska: Takšna stekla potemnijo ko so izpostavljena ultravioličnem žarčenju in posvetijo, ko le ta preneha. Značila sestava je: 60% kremena, 20% boraksa, 10% sode, 10% aluminijevega oksida, 0.9% jodidovih ionov, 0.6% srebra in 0.5% kloridovih ionov. Ko je steklo izpostavljeno UV svetlobi srebrni ioni pridejo v kovinsko stanje, ko pa svetloba izgine pa nazaj v srebrne ione in steklo se zbirstri.

Fotoobčutljiva: Takšna stekla prehajajo iz prozornih v neprozorna stanja pod vplivom svetlobe ali toplote, vendar pa je ta sprememba nepovratna, delujejo kot stekla pri fotografskih filmih. Značilna sestava je: 72% kremena, 17% sode, 11% apna, 0.04% selena in 0.002% zlata.

Polikromatska: So svetlobno občutljiva na celotni barvni spekter. Zaradi njihovih značilnosti se uporabljajo za shranjevanje podatkov, okrasne predmete, okenska stekla, prosojne plošče in posode. Obarvanost stekel je stalna.

Uporabnost stekel:

Poleg običajnih namenov uporabe se stekla uporabljajo tudi za tehnološko zahtevnejše aplikacije. Steklena vlakna se namreč uporabljajo za izdelavo:

-Toplotno in zvočno izolativnih materialov

-Visokonosilnih vrvi in kablov, ki nadomeščajo kovinske zaradi manjše teže in večje odpornosti na agresivna okolja.

-Filtrov v polimernih matricah

-Ojačitev polimernih matric

-Izdelava optičnih komunikacijskih kablov

Posebna stekla pa se uporabljajo tudi za: -Izdelavo zaščitnih zaslonov pred viri žarčenja

-Oblaganje posod za posebne namene (agresivne tekočine)

-Izvedbo velikih površin izpostavljenim obremenitvam, kjer se zahteva velika nosilnost, odpornost na okolje, trajnost in delna prepustnost svetlobe.

Splošne lastnosti stekla:

-Gostota običajnih stekel znaša 2500kg/m^3

-Stekla imajo trdoto 6-7 po Mohsovi lestvici

-Tlačna trdnost znaša okoli 950 MPA

-Za palice premera 10mm znaša natezna trdnost 30-70MPa, za vlakna premera 1µm pa 25 000 MPa.

-Ohlajeno steklo je izredno krhko

-Steklo je dober električni izolator in ima nizek toplotni raztezek tako kot tudi toplotno prevodnost

-Izolacije s steklenimi vlakni se uporabljajo do temperaturo 480°C

-Imajo dobre optične lastnosti

-Steklo je odporno na večino kislin, topil in agresivnih kemikalij (površinsko škodo lahko povzročijo samo po dolgem časovnem obdobju)

Ognjevzdržne keramike:

Ognjevzdržni materiali so odporni na visoke temperature in se zato uporabljajo za oblaganje kurišč ter za izdelavo talilnih posod, toplotnih zaslonov in zaščitnih oblog. Izdelani so predvsem iz ognjeodporne gline, šamotne moke, aluminijevega oksida in kremena. Prenašati morajo visoke napetosti pri visokih temperaturah. Izdelujemo jih iz oksidnih surovin v grobi zrnati obliki imenovanih grog, ki so povezane z drobnimi ognjevzdržnimi zrni. Delimo jih v 3 skupine: kisle, bazične in nevtralne.

MINERALNA VEZIVA

Mineralna veziva so snovi, ki se po mešanju z vodo spremenijo v kašo ali plastično zmes, ki se nato po procesu vezanja in sušenja na zraku ali v vodi spremeni v čvrsto konstrukcijsko ali izolacijsko gradivo. To gradivo sodi med keramične materiale, ki povezujejo druge keramične materiale in s tem tvorijo konstrukcijske elemente. Delimo jih na:

-Zračna veziv, ki se vežejo samo na zraku (gašeno apno, mavec, glina)
-Hidravlična veziva, ki se vežejo na zraku in v vodi (hidravlično apno in cement)
-Ognjeodporna veziva (glina)
-Avtoklavna veziva

V gradbeništvu se poleg teh, uporabljajo organska veziva, to so bitumenska (naravni in umetni bitumeni) in plastomerna (smole)

Zračna veziva

Mavec (gips)

Mavec je veziva, čigar osnova je mineral sadra. V naravi najdemo mavce z enako kemično strukturi in različno količino vezane vode: -Monoklinski dihidrat $CaSO_4 + H_2O$ (gostota okoli 2300 kg/m^3)
-Rombski anhidrit $CaSO_4$ (gostota okoli 2900 kg/m^3)

Sadra in njeno žganje: Nahaja se v naravi zraven kamene soli, saj sta obe nastajali z izparevanjem morske vode. Lomijo jo v kamnolomih, kjer pa je lahko različnih čistoč, tako da imamo različne barve. Poznamo tudi Alabaster, ki je druga oblika naravne sadre in je čista ter drobnozrnata.

Sadro najprej zdrobijo, nato pa jo očiščeno žgejo in meljejo ter s tem proizvedejo gips. Žgejo jo v nagnjenih vrtljivih bobnih, pri tem pa pride do kemične reakcije, kjer dihidrat preide v semihidrat.

$CaSO4\ 2H2O \rightarrow CaSO4\ 1/2\ H2O + 3/2\ H2O$

Vrsta mavca, ki ga dobijo z žganjem sadre je odvisna od temperature žganja in njegovega trajanja:

-Žgani mavec: Je v mleti obliki uporabno vezivo, ki ga je treba glede na namen presejati do določene finosti. Zmešani z vodo jo prevzame in ponovno preide v dihidrat, a prevzame več vode kot jo je izgubil med žganjem, zato odvečna voda izhlapi.

Anhidritni mavec: Se slabše veže kot žgani in bolj kot ga segrevamo, slabša je sposobnost strjevanja.

-Mrtvo žgani mavec: Nima sposobnosti vezanja in se pri žganju krči, saj izgublja vezano vodo.

-Estrih mavec: Je steklasta in prozorna talina, ki se počasi veže in je zelo trdna in obstojna na vremenske razmere, je pa tudi 3-4x trdnejša od žganega mavca.

Strjevanje mavca: Pri žganju sadre se njena molekularna masa razdeli na molekularni masi produktov:
Teoretično bi potrebovali količino vode:
27,024/ 145.148 = 0.186 →18.6% mase mavca

Dejansko mavec sprejme več vode, kot jo je oddala sadra, saj se voda ne nahaja le v kristalih temveč tudi med njimi, zato je minimalna količina vode 25% mase mavca, v praksi pa znaša 40-100%, odvisno kakšne lastnosti želimo pridobiti.

$$CaSO_4\ 2H_2O \rightarrow CaSO_4\ 1/2\ H_2O + 3/2\ H_2O \qquad (5\text{-}2)$$

molekularna masa: $172{,}172 \rightarrow 145{,}148 + 27{,}024$

od tod izračunamo izdatnost mavca: $i = 145{,}148\ /\ 172{,}172 = 0{,}843 = 84{,}3\%$

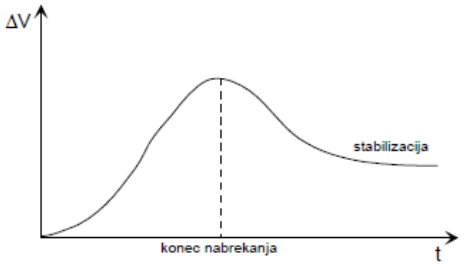
Strjevanje mavca ob dodajanju vode:

$$CaSO_4\ 1/2H_2O + 3/2\ H_2O \rightarrow CaSO_4\ 2\ H_2O$$

molekularna masa: $145{,}148 + 27{,}024 \rightarrow 172{,}172$

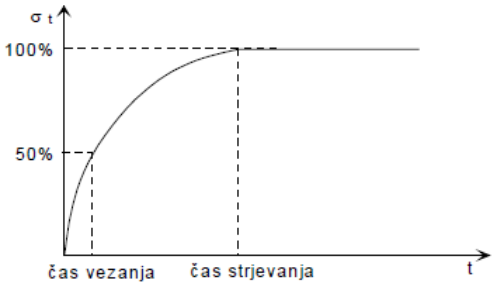
Faze izdelave mavčnega izdelka, ki trajajo določen čas:

-Mešanje (čas mešanja)
-Vlivanje (čas vlivanja)
-Stanje plastičnosti (čas plastičnosti)
-Vezanje (čas vezanja)
-Konec vezanja (čas strjevanja)



Trajanje faz preizkušamo z Vicatovim aparatom. Sondo mase 300g in premera 10mm spuščamo v mavec dokler se ta po dvigu sonde še zapre. V različnih fazah se sonda različno potopi in tako dobimo različne vmesne čase. (diragram prostorninske spremembe mavca med vezanjem, desno zgoraj).

Trdnost mavca je odvisna od časa vezanja. Čas strjevanja in sušanja se lahko pospešita z vsiljenim sušenjem. Trdnost mavca pa je odvisna tudi od vlažnosti okolja (če je preveliko vlage, mavec izgublja na trdnosti).



Apno:

apno pretežno vsebuje CaO, v manjši količini pa tudi MgO (okoli 10% iz dolomitnega apnenca). Pridobiva se z žarjenjem apnenca v pečeh na temperaturi okoli 950°C, pri tem pa pride do kemične reakcije in nastane živo apno.

$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2 \qquad (5\text{-}3)$$

Molekulska masa $100{,}09 \rightarrow 56{,}08 + 44{,}01$

in od tod izdatnost $i = 56{,}08 / 100{,}09 = 0{,}56 = 56\%$.

Minimalna količina vode za gašenje apna je 18.016 / 56.08 = 0.321 → 32.1 %
Dejansko se seveda potrebuje več vode, saj se pri burni reakciji sprošča veliko toplote in voda izpareva. Zato potrebujemo 2-2,5x več vode od teoretične količine. Po gašenju nastane apnena kaša imenovana *gašeno apno*.

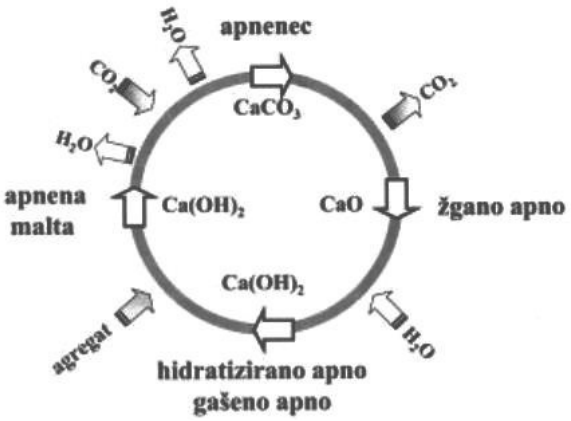
Živo apno je v kosih, ki se meljejo v fini prah. Z dodajanjem vode gasimo živo apno:

$$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 \qquad (5\text{-}4)$$

$56{,}08 + 18{,}016 \rightarrow 74{,}096.$

Hidratizirano apno: Je gašeno apno narejeno s teoretično količino vode, zato je še praškasto in se z dodatno količino vode spremeni v apneno kašo.
Hidravlično apno: Se pridobiva iz laporastih in glinastih apnencev, ki vsebujejo 20% gline. Surovine se žgejo pri 900°C. Podoben je cementu, le da se cement žge na višjih temperaturah, veže pa se tako v vodi kot na zraku. Danes ga nadomešča cement.
Apno: Se uporablja kot vezivo v maltah, kjer skupaj z mineralnim agregatom po strjevanju in sušenju tvori trdno gradivo. $Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$

Na sliki je prikazan krog preobrazbe apne od pridobivanja z žganjem kalcijevega karbonata do pretvorbe kalcijevega hidroksida nazaj v kalcijev karbonat.



Lastnosti apna:
-Finost mletja
-Vodoapneni količnik
-Stabilnost prostornine
-Trdnost

Finost mletja: Ugotavlja se s sejalno analizo. Velikost delcev vpliva na lastnosti apna, zato mora biti mletje zadosti fino, to je pa takrat, ko na prvem situ ni ostanka, na drugem pa največ 10% (uporabljata se siti 0.6mm in 0.09mm)

Vodoapneni količnik: Se določa s standardiziranim apnenim poskusom. V prisekan stožec, ki je postavljen na stekleno ploščo stresalne mizice se skozi lijak sipajo apnene kaše, ki so bile pripravljene z različnimi količinami vode (različni v/a). Ko je stožec poln se odstrani in na mizici ostane kolaček iz apnene kaše. Po 15 stresanjih se meri premer kolačka. Kolaček iz standardnega apnenega testa ima po stresanju premer 180mm. Za določeno vrsto apna je vodoapneni količnik enak takemu razmerju vode in apna, s katerim se doseže standardizirani razlez na stresalni mizici.

Stabilnost prostornine: Se ugotovi s preskusom 3 kolačkov premera 90mm, ki se jih pripravi s standardno količino vode. Ti kolački se nato hranijo 28 dni v prostoru s stalno vlažnostjo 65%. Stabilnost prostornine se nato ugotovi na osnovi površinskih sprememb (če se spremeni se na kolačkih poznajo razpoke).

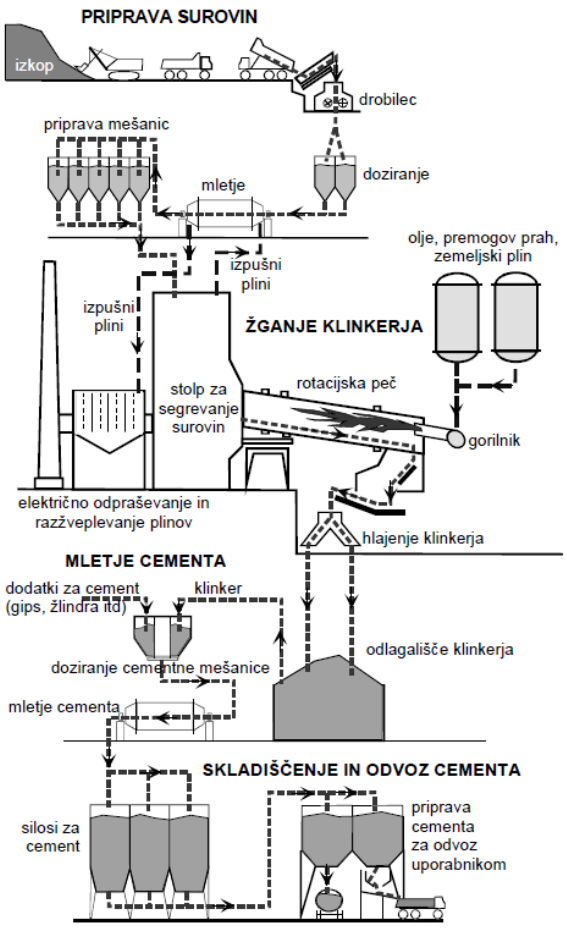
Trdnost apna: Se preskuša na prizmah velikosti 40x40x160, ki se pripravijo iz malte po standardiziranem razmerju. Prizme se po 28 dneh preskušajo na upogib, polovički prizem pa na tlak.

Hidravlična veziva:

Cement:

Je silikatno hidravlično vezivo, ki se po reakciji z vodo veže in se strdi. Iz cementne paste takrat nastane cementni kamen, ki je trd in trden, sestavljen pa pretežno iz kalcijevih silikatnih hidratov, ki tudi v vodi ohranijo stabilnost in trdnost.

Proizvodnja cementa: Poteka v štirih fazah: -Proizvodnja surovin
-Mletje surovinske moke
-Žganje klinkerja
-Mletje cementa



Osnovna surovina so materiali, ki jih vsebuje naravni lapor, apnenec in glina. Te po izkopu zdrobijo, zmeljejo in transportirajo v silose. Zaradi nečistostih nekaterih surovin se po potrebi dodaja še kremenčev pesek, žgano apno in piritni ogorki.

Najprej jih dobro segrejemo, potem pa surovine žgemo v rotacijskih pečeh v treh intervalih (najprej na 1300°C , nato na 1300-1500°C, na zadnje pa jih ohlajujemo. Pri različnih temperaturah se talijo in tvorijo različni minerali. Dobljena zmes je cementni klinker, ki je podoben pepelu in je močno porozen. Klinker nato dobro zmeljemo v fini prah, ki mu pravimo *portland cement*. Med mletjem se klinkerju doda še različne materiale, ki dajo končne lastnosti različnim vrstam cementov. Najpogosteje se mu dodaja:

-Sadra (ki je obvezen dodatek za regulacijo vezanja, saj se cement sicer prehitro veže

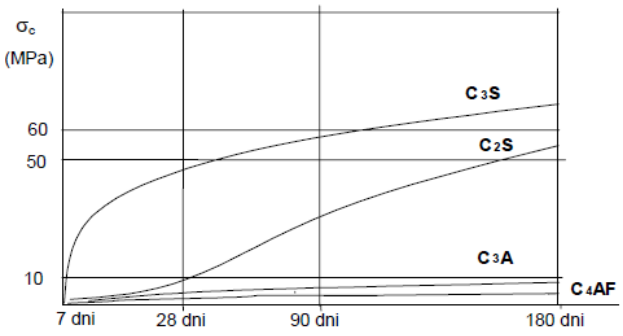
-Žlindra -Elektrolitski pepel -Apnenec -Naravni ali umetni pucolani

Komponente cementnega klinkerja:

CaO – komponenta C (60-67%)
SiO_2 – komponenta S (17-25%)
Al_2O_3 – komponenta A (3-8%)
Fe_2O_3 – komponenta F (0.5 – 6%)
SO_3 – Komponenta S (1-3%)
Alkalije (K2O, Na2O) (0,2 do 1,3%)
Primesi (nevezan CaO do 2% in MgO do 4%)

Sestava mineralov cementnega klinkerja:

Trikalcijev silikat (alit) C3S (3CaO . SiO2) 40 do 70%
Dikalcijev silikat (belit) C2S (2CaO .SiO2) 5 do 30%
Trikalcijev aluminat C3A (3CaO .Al2O3) 7 do 15%
Tetrakalcijev aluminat C4AF (4CaO . Al2O3 . Fe2O3)

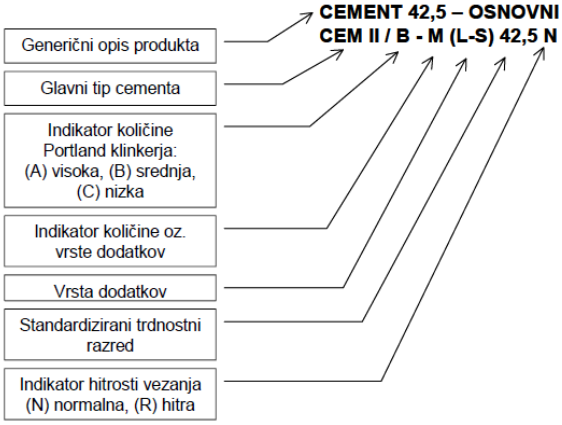


C_3S je najpomembnejši mineral v običajnih portland cementih, saj močno reagira in pri strjevanju bistveno prispeva k visokim trdnostim. Zato so na trgu tudi cementi, ki so narejeni povsem in te komponente. Na diagramu lahko vidimo, da razvije najvišjo trdnost, opazimo pa tudi kako hitro reagira, saj več kot polovico trdnosti doseže že po 21 dni, polovico trdnosti, ki jo doseže v 28 dneh pa doseže že po dveh do treh dneh.

Označevanje cementa:

Generični opis cementa je oznaka, s katero posamezni proizvajalec označi svoj cement, ostali deli oznake cementa pa so standardizirani. Poznamo 27 tipov cementov, ki so razporejeni v eno izmed 5 glavnih skupin:

CEM I – portlandski cement
CEM II – portlandski mešani cement
CEM III – metalurški cement
CEM IV – pucolanski cement
CEM V – mešani cement



Osnovna oznaka jih razvršča glede na njihovo celotno sestavo, natančneje pa je sestava podana z nadaljnimi oznakami.
A – cementi, ki vsebujejo nad 80% klinkerja
B – cementi, ki vsebujejo 20-80% klinkerja
C – cementi, ki vsebujejo manj kot 20% klinkerja

Klinkerju lahko dodamo enega ali več dodatkov. Če sta dodana 2 ali več dodatka ga označimo s črko M, če pa eden pa s črko iz spodnje preglednice.

Standard loči tri trdnostne razrede cementov in pri vsakem še tiste, ki se vežejo z normalno hitrostjo (N) in tiste, ki se vežejo pospešeno (R). Preglednici:

Trdnostni razred	Zgodnja trdnost		Trdnost po 28 dneh	
	2. dan	7. dan	Minimalna	Maksimalna
32,5 N	-	≥16,0	≥32,5	≥52,5
32,5 R	≥10,0	-	≥32,5	≥52,5
42,5 N	≥10,0	-	≥42,5	≥62,5
42,5 R	≥20,0	-	≥42,5	≥62,5
52,5 N	≥20,0	-	≥52,5	
52,5 R	≥30,0	-	≥52,5	

Oznaka dodatka	Ime dodatka
S	Granulirana žlindra
D	Mikrosilika
P	Naravni pucolani
Q	Naravni kalcinirani pucolani
V	Silikatni elektrofilterski pepel
W	Karbonski elektrofilterski pepel
T	Žgani skriljevec
L	Apnenec
LL	Apnenec
M	Dva ali več od zgoraj naštetih dodatkov

Osnovne vrste cementov:

Obstajata dve večji skupini cementov: - Silikatni (glavna sestavina so silikati kalcija, C_3S)
-Aluminatni (glavna sestavina so kalcij aluminati, C_3A)

Portland cement:

Je značilni predstavnik silikatnih cementov in se lahko uporablja brez ali s hidravličnimi dodatki. Lahko ga mešamo z žlindro in če je te nad 30% se takšen cement imenuje kar *metalurški cement*. Mešamo ga lahko tudi s pucolanom in če je tega nad 30% se takšen cement imenuje *pucolanški cement*. Takšna cementa sta odborna na soli, ki se nahajajo v vodi ali zemlji, zato jih uporabljamo za gradnjo pregrad in podmorske gradnje, v procesu vezanja pa počasneje dosežeta trdnost (ampak na koncu dosežeta enako trdnost kot portland cement). Portland cementu pa lahko dodamo tudi snovi kot so stearini s pomočjo katerih dosežejo višjo vodotesnost cementa, lahko se mu dodajo različne smole, ki tvorijo zračne mehurčke in so zaradi njih cementi bolj elastični, posledično pa bolj odporni na zmrzovanje in delovanje soli. Takšnim cementom pravimo aerirani cementi. Lahko pa jim dodamo tudi ekspanzijske dodatke, s pomočjo katerih cement na začetku vezanja nabreka.

Superfosfatni cementi:

Ti vsebujejo vsega 5% portland klinkerja, nekaj sadrovca in 80-85% granulirane žlindre. Odporni so na soli in šibkejše kisline.

Low-heat cementi:

Razvijajo nizko hidratacijsko toploto in vsebujajo manj A komponente in večjo količino F komponente

Beli portland cement:

Ima prevladujoči komponenti C in A ter zelo malo F komponente. Izdelujejo ga iz zmesi z velikim odstotkom apnenca in kaolin, stopnje beline so standardizirane.

Aluminatni (boksitni cement):

Pridobiva se ga s taljenjem mešanice boksita in apnenca oziroma apna v pečeh. Ti cementi razvijejo visoko hidratacijsko toploto in imajo visoko začetno in kasnejšo trdnost. Uporabljajo ga za betoniranje pri nizkih temperaturah, sa mu pri višjih temperaturah (nad 30°C) trdnost že pada.

Hidratacija cementa:

Hidratacija je proces vezanja vode in cementa. To je kompleksna serija reakcij med pozameznimi minerali klinkerja, kalcijevim sulfatom in vodo. Nekatere reakcije potekajo istočasno, druge pa zaporedne in so odvisne ena od druge. Na začetku je proces odvisen od hitrosti raztapljanja klinkerjevih mineralov in kalcijevega sulfata, nato pa ga lahko kontroliramo s kontrolo rasti kristalov hidratacijskih produktov, na koncu pa s hitrostjo difuzije vode in raztapljanja ionov.

Hidratacija je odvisna od:
- **Sestave klinkerja in količine primesi v samih mineralih**
- **Mikrostrukture, ki je odvisna od razmer pri žganju klinkerja**
- **Količine in oblike kalcijevega sulfata**
- **Finosti in granulacijske sestave cementa**
- **Vodocementnega razmerja pri pripravi mešanice**
- **Razmer pri zorenju mešanice**
- **Prisotnosti kemičnih dodatkov v mešanici**

Proces vezanja in strjevanja je odvisen od vodocementnega količnika v/c

Pri prehodu koloidnega sistema v cementni gel (2. -->3. faza) nastaja porozna struktura. Nastajajo:

-Gelske pore, ki so vedno zastopane v enakem deležu (ne glede na stopnjo hidratacije) in so napolnjene z vodo

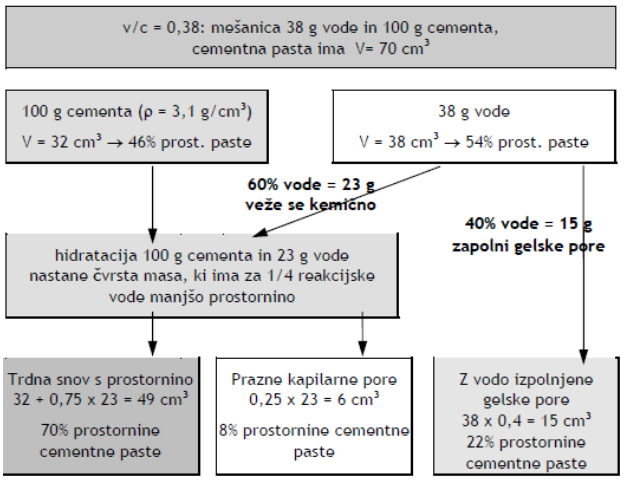
-Kapilarne pore, ki jih je najmanj pri popolni hidrataciji, ko se vsa cementna masa transformira v gel (v/c = 0.38!)

-Zračni mehurčki, ki so zaprti za vdor vode

Shema in opis hidratacije cementa:

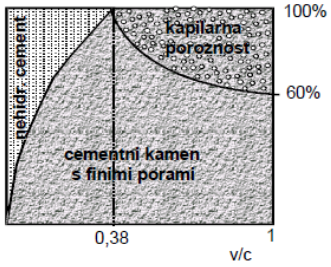
Faza	Shema	Opis dogajanja
1.		**Pred-indukcijsko obdobje (traja nekaj minut)** Po mešanju cementa in vode se v vodi hitro raztapljajo spojine in začne se hidratacija mineralov klinkerja. Procesa sta ekzotermna in ju zato spremlja velik toplotni tok. Na tej stopnji reagira le 2 do 10% C_3S. Mineral C_3A se v deležu med 5 in 25% raztaplja in reagira s sulfatnimi ioni. Ob tem nastaja etringit, ki se izloča v obliki igličastih kosmičev na cementnih delcih. Mineral C_4AF reagira podobno kot C_3A, delež reagiranega C_2S pa je zelo majhen.
2.		**Indukcijsko obdobje - relativno mirovanje** (traja nekaj ur) Po začetni hitri hidrataciji se reakcijska hitrost zelo zmanjša. To zmanjšanje se razlaga na dva načina: - po **teoriji zaščitne plasti** se hidratacijski produkti obdajo z zaščitno plastjo že v pred-indukcijskem obdobju. Zaradi tega se hidratacija upočasni. Zaščitna plast se počasi spreminja in postane propustna, kar omogoči nadaljevanje procesa hidratacije - po **teoriji kristalizacijskih jeder**, nadaljevanje hidratacije ovirajo nastale nasičene raztopine kalcijevega hidroksida. S pojavom hidratacijskih jeder se iz raztopine izločajo mineralni kosmiči, koncentracija kalcijevih ionov se zniža in hidratacijski proces ponovno steče.
3.		**Obdobje pospešene hidratacije** (tretja do dvanajste ure procesa) Nasičena otopine z novo nastalimi kristali preide iz faze sola v fazo cementnega gela, ki je gosto tekoča masa z enakomerno razporejenimi zrni. Hitrost hidratacije C_3S in C_2S narašča in doseže maksimalne vrednosti.
4.		**Obdobje pojemajoče hidratacije** (do konca hidratacije) Hitrost reakcij se zmanjšuje in je odvisna od difuzije ionov skozi plasti hidratacijskih produktov, ki tvorijo opno okoli nehidratiziranih jeder cementnih delcev. Nastaja C-S-H gel kot posledica hidratacije C_3S in C_2S. Na začetku nastali etringit reagira s nehidratiziranim C_3A in C_4AF in nastane monosulfat. V nadaljevanju hidratizirani material zori. Nastajajo nove spojine, iz gela se tvori cementni kamen, gel se prepleta z novo nastajajočimi kristali, ti rastejo in tvorijo mrežo.

Razmere v cementni pasti pri vodocementnemu razmerju 0.38:



Glede na velikost vodocementnega razmerja so možni trije primeri:

- v/c < 0,38, premalo vode za popolno hidratizacijo cementa in zato cementa ostane nevezan v praškastem stanju,
- v/c = 0,38, idealne razmere pri katerih hidratizira ves cement in
- v/c > 0,38, vsa odvečna voda se namesti v kapilarnih porah.



Pri dejanskih razmerah v praksi v/c = 0.38 po navadi ne zadošča za pripravo betona brez drugih dodatkov, saj del vode izhlapi, ker lahko hidratizacija poteka tudi več let. Debelejša zrna nikoli ne hidratiziajo v celoti, ampak samo na površini, zato je zaželjeno, da je cement fino zmlet. Po navadi dosežemo okoli 80-90% hidratizacijo zrn. Nehidratizirana zrna pa tudi sicer ne škodujejo betonu.

Lastnosti cementa:

Finost mletja: **Ključno vpliva na proces hidratizacije. Cementi z drobnejšimi zrni imajo višje trdnosti, nekateri so celo tako drobni, da jih v cementarnah pobirajo s filtrom. Finejši cement med hidratacijo razvije več toplote in se bolj krči. Ker se hidratacija razvije na povšini zrn je bolj popolna na finejših, kar pa pomeni, da moramo ta faktor upoštevati tudi pri vodocementnem količniku. Finost definirata dva parametra: -specifična površina zrnc (vsota površin na enoto mase)**

-granulometrična sestava cementa (ker ni pravila za sestavo se v praksi bolj uporablja specifična površina)

V praksi se uporabljata dva postopka za določanje finosti cementa:

-sedimentacijska metoda z Wagnerjevem turbidimetrom (skozi cement v petroleju se spušča svetloba in se nato meri sama prepustnost – bolj kot so fina zrna, manj prepusti)

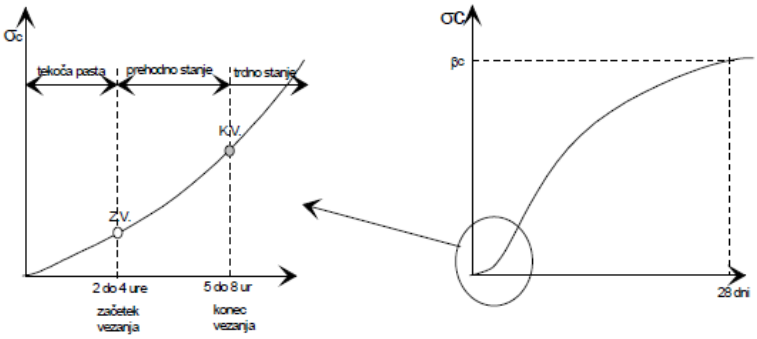
-metoda z zračnim tokom z Blainovim permeabilimeter (meri se hitrost zraka, ki prehaja skozi cement. Bolj kot je ta fin, manj prepusti skozi – manjša je hitrost)

Nobena izmed metod nam ne omogoča določanja absolutne vrednosti površine zrnc, nam pa dajo objektivne rezultate za primerjanje zrn različnih finosti med seboj. Rezultati metod so različni (80% Z)

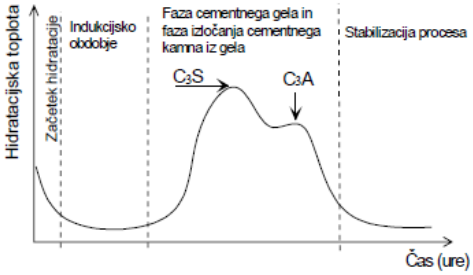
Standardna konsistenca cementne kaše: Ugotavlja se z Vicatovim aparatom. Standardna konsistenca je pri kaši dosežena, če se sonda premera 10mm im mase 300g ustavi pri 5-7mm vzorca višine 40mm. Začetek vezanja nastopi, ko se igla prereza 1mm^2 ustavi od 3-5mm nad dnom vzorca, konča pa se, ko igla prodre le še do 1mm v vzorec.

Lažno vezanje: Posledica nastanka kristalov sadre, ki se pa z dodatnim mešanjem razbijejo

Hitro strjevanje: Je povezan s prehitro hidratizacijo cementnega minerala C_3A, kar pa lahko preprečimo z mešanjem in dodajanjem vode. Ta pojava vplivata na poskus z aparatom.



Hidratacijska toplota: Je neposredno odvisna od lastnosti cementnega kamna in se razvije med vezanjem in strjevanjem cementa. Merimo jo v J/g. Na sliki je prikazan razvoj toplote v v prvih urah hidratacije. Na krivulji je viden vpliv različnih hitrosti strjevanja mineralov C_3S in C_3A.

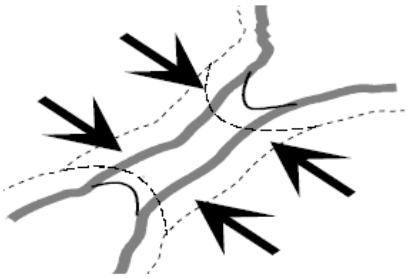


Krčenje: Cementna pasta se krči med strjevanjem in je najbolj izrazito pri cementnih pastah z višjim v/c, finejšimi zrni in višjo hidratacijsko toploto. Celotno krčenje pa je posledica različnih krčenj:

-Hidratacijsko krčenje (nastane zaradi kemijske reakcije, kjer se pasti zmanjša prostornina za ¼ prostornine vode v mešanici).

-Plastično krčenje (nastane v primeru slabe nege betona v prvem dnevu, saj voda na površini v času vezanja izhlapeva in zaradi tega nastajajo površinske razpoke.

-Izsuševanje cementnega kamna in manjšanje meniskov v kapilarah privedejo do povečanja kapilarnih sil, ki povzročijo oženje kapilar – slika.



Stabilnost prostornine: Vedno si prizadevamo, da je stabilnost prostornine čim večja, saj tako ne pride do različnih razpok, ki so posledica krčenja na zraku, nabrekanja v vodi ali pa kemijskih reakcij (sulfatna ekspanzija). Ker so te reakcije počasne jih pri preiskavah pospešimo, poslužujemo pa se 2 različnih vrst preiskav:

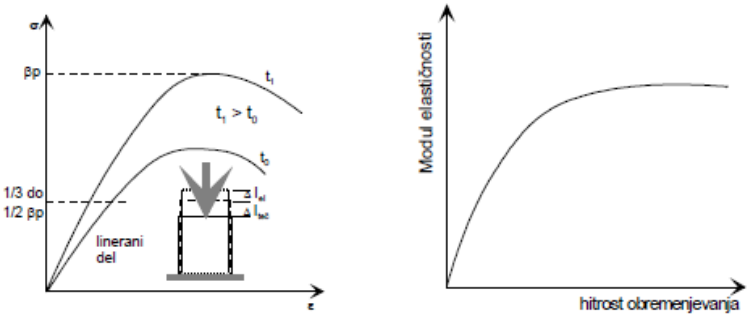
- preiskave po Le Châtelier-ju (3 vzorci, prstan, po 1 dnevu 3 ure kuhanja, povprečni razmik igel manjši od 10 mm)

-preiskave v avtoklavu (odkrivanje ekspanzije MgO in CaO, 20 barov pritiska, sprememba dolžine je mera prostorninske nestabilnosti)

Tečenje (lezenje): Za razliko od kratkotrajnih obremenitev, ki povzročijo trenutne deformacije pa tečenje povzročijo trajajoče obremenitve. Deformacije so večje pri mlajšem cementnem kamnu, kjer se hidratacija še ni povsem zaključila. Ustavijo se po nekje 5-10let, saj se šele takrat proces hidratizacije popolnoma zaključi. Velikost deformacije je odvisna od vrste cementnega kamna, vodocementnega količnika, obremenitve, vplivov okolja.

Deformacije pri trajni obremenitvi so lahko tudi 3-krat večje kot tiste pri kratkotrajni.

Pri večji hitrosti obremenjevanja dosežemo večjo trdnost in hkrati tudi modul elastičnosti , ki pa se v odvisnosti od hitrosti počasi stabilizira – slika.



Trdnostni razred cementa: **Trdnosti razred se določa z upogibnim in tlačnim preizkusom prizem in kock narejenih iz standardizirane cementne paste, ki se prej stara 28 dni v vodi. Standardne prizme se najprej preizkušajo na upogib, nato pa se zlomljeni polovički še na tlak. Trdnost je odvisna od poroznosti, ki je višja pri nižjem vodocementnem količniku. Razmerje med upogibno in tlačno trdnostjo je nekje med 1:5 – 1:10.**

Korozija cementa: **Agresivno okolje povzroča propadanje cementnega kamna in posledično tudi betona. Po navadi agresivne snovi prodirajo v cementni kamen v obliki vodne raztopine in nato kemično reagirajo kar povzroča propadanje in korozijo.**
Vicatov indeks: Je razmerje kisle in bazične skupine spojin, ki sestavljajo cementne minerale. Odpornost cementa je sorazmerna kislem deležu snovi. Indeks aluminatnih je višji kot 1, portland cementov pa 0.5, ki pa se lahko dvigne vse do 1 z dodajanjem žlindre in pucolanov.
Korozijo se lahko zmanjšuje z :

- **Nižji v/c in posledično manjšo poroznost oz. manjšim številom kapilarnih por**
- **Dodajanje žlindre in pucolana (manjši delež C_3S)**
- **Ustrezna izbira cementa glede na pričakovane pogoje**
- **Zaščita cementnega kamna z izolacijskimi sredstvi (skrajni primer)**

Voda:

MALTE IN BETONI

Malte so vezna gradiva, ki nastanejos strjevanjem homogene kašaste snovi sestavljene iz mineralnega veziva, vode, agregata in različnih dodatkov. Dodatki se dodajajo z izboljševanje lastnosti malt, dodamo pa ji lahko tudi mrežaste mikroarmature in polimerna vlakna s čemer zvišamo mehanske lastnosti. Kašasta snov se po vgradnji strdi zaradi fizikalnih in kemičnih reakcij izmed katerih je najpomembnejša hidratacija veziv. Uporablja se za zidanje, ometovanje, talne obloge, zide in strope.

Sveža malta mora biti dovolj plastična, lepljiva in se mora dobro prilegati na površino, strjena pa mora imeti visoko trdnost, slano prostornino in obstojnost na zunanje vplive.

Vrste malt in njihove osnovne sestavine:

Zračne: -apnena (apno, pesek, voda)
- mavčna (mavec, voda; možno je dodati tudi pesek in apno),
- magnezitna (sorel-cement, voda, lesno žaganje),
- glinena (ilovica, voda, slama, pleva, pesek)
- šamotna (šamotna moka, ognjeodporna glina v prahu, voda).

Hidravlične: - hidravlična apnena (pesek, voda, ali hidravlično apno ali navadno apno s hidravličnimi dodatki - pucolani, žlindra, opalska breča),
- cementna (cement, pesek, voda),
- podaljšana cementna (cement, apno, pesek, voda) – potresna območja v Sloveniji
- polimerna (polimerno vezivo, polnilo-pesek, kamena moka).

Vrste agregata:

Večji del malte sestoji iz agregata, ki pa je lahko naravenega ali umetnega izvora.

Naraven agregat: Pridobiva se z lomljenjem v kamnolomih, ali pa iz aluvialnih virov, kjer se mu najprej preveri mineralne lastnosti, nato pa se ga izpere in preseje. Tistega v kamnolomu pa se lomi in nato preseje na različne frakcije. V malti ima zelo pomembno vlogo pesek, ki nastopa tudi v večini, saj igra ključno vlogo pri določanju lastnosti malte v tako plastičnem kot tudi strjenem stanju.

Umetni agregat: Pridobivajo ga ali iz osnovnih surovin, ali pa odpadnih materialov ali stranskih produktov pri neki proizvodnji. V prvo skupino sodijo posebni proizvodi, ki so projektirani za doseganje lastnosti malt, ki jih z naravnim agregatom ne moramo, najpogosteje je način proizvodnje ekspandiranje materiala (žganje, sušanje, mešanje). Med takšne sodijo ekspandirane gline ipd. V drugo skupino pa spadajo stranski produkti pri različnih proizvodnjah, saj je to pomembno iz ekološkega in racionalnega vidika. Takšna sta elektrofilterski pepel in žlindra, ki pa morata ustrezati določenim zahtevam, saj sta lahko sicer ekološko nevarna.

Veziva:

Omogočajo povezavo agregata v kašasto zmes, vežejo pa se zraku ali v vodi (odvisno od sestave). Posebne lastnosti malt se dosegajo z uporabo polimernih dodatkov, torej so to kompoziti sestavljeni iz keramike in polimerov.

Dodatki:

Dodatki omogočajo uravnavanje procesa vgradnje, strjevanje in lastnosti. Dodajo se vezivu ali v vodi.

Plastifikatorji: Omogočajo lažjo vgradnjo (bolj plastična kaša), to so organske smole in naravni ali umetni detergenti.

Pospeševalci in upočasnjevalci vezanja: Vplivajo na čas vezanje malt . Akceleratorji so sestavljeni in karbonatov, silikatov, aluminatov in organskih snovi. Retarderji pa se pogosto uporabljajo v tovarniško zmešanih maltah, ki se dobavljajo vlažne in se ne smejo strditi v notranjosti hruške.

Aeratorji: Omogočajo vgradnjo zračnih por v malto. Posledično imajo melte slabše mehanske lastnosti, vendar so zmrzlinsko bolj odporne, imajo manjšo toplotno prevodnost in so lažje.

Pigmenti: Omogočajo barvitost malte in oblog, količina pigmenta ne sme presegati 10% (meh. last.)

Malte za zidanje:

Imajo s standardi predpisane lastnosti, ki zagotavljajo ustrezno kakovost in trdnost. Uporabimo lahko različne agregate (iz reke, pesek, drobljenec), vendar pa mora agregat ustrezati določenim pogojem – ga testiramo na trdnost, zmrzlinsko odpornost itd, in praviloma ne presega frakcij 4mm. Pomembna je tudi čistosti (ne sme vsebovati veliko organskih snovi). Pri takšnih maltah se preizkuša tako agregat, kakor tudi svežo mešanico in seveda tudi končen produkt, strjeno malto.

Vpliv sestavin malte na njene lastnosti:
-cement (trdnost, vodoodpornost, odpornost, hitrost vezanja
-apno (obdelovalnost, vodoodpornost, elastičnost, lepljivost
-pesek (trdnost, ekonomičnost)
-voda (plastičnost, hidratacija, obdelovalnost)

Priprava malte:

Malta se pripravlja ročno ali strojno. Pomembno je zaporedje mešanja posameznih komponent, ki pa ni enako pri vseh vrstah malt.

Apnena malta: Vsebuje 1:1 – 1:4 razmerje apna proti cementu in se pripravi v sledečem postopku:
voda + gašeno apno → apneno mleko + pesek → plastična masa (malta)

Treba jo je vgraditi najkasneje po 12h po pripravi. Na postopek vezačna masanja dobro vpliva stalen svež zrak in visoka tempratura, medtem, ko ga vlaga zavira. Pri vezanju sta potrebna ogljik in voda.

Cementna malta: Volumensko razmerje cementa in peska je 1:1–1:4. Pripravi se v sledečem zaporedju
cement + pesek (suho mešanje) → dodajanje vode → plastična masa (malta)

Cementno malto je potrebno vgraditi takoj, v roku 1h, saj se zelo hitro veže, hidratizira in strdi. Pri hidratizaciji se porabi 15-20% vode, ostalo pa jo izhlapi, česar posledica je, da se cementna malta bolj krči kot apnena.

Podaljšana cementna malta: Razmerja so c:a:p = 1:1:5 in pobono, priprave pa se v sledečem zaporedju:
cement + apno + pesek (suho m.) →dodajanje vode → plastična masa (malta)

Lahko se vgradi malo pozneje kot čisto cemetno malto, saj je tudi čas vezanja višji in tudi dosežena trdnost. Pozitivne lastnosti so pa boljša vgradljivost in duktilnost.

Glinena malta: Uporablja se za zidarnje z nežgano opeko in za obzidavo kurišč. Pripravlja se iz goste in dobro premešane kaše iz ilovnate gline z dodatkom slame, v primeru premastne ilovice pa včasih dodamo še pesek. Strdi se s sušenjem, lahko pa jo nazaj zmehčamo z vodo.

Šamotna malta: Uporablja se za zidanje oblog kurišč in dimnikov s šamotno opeko. Otrdi se s sušenjem in žganjem in vsebuje šamotno moko ter ognjeodporno glino.

Malte za omete:

Omet se nanaša na zid ali strop, ki se je že dodobra posušil. Podlaga mora biti hrapava in dovolj vlažna, pomembno pa je tudi, da se omet in podlaga pri različnih tempraturah podobno raztezata, saj moramo sicer dodati vezno plast (posebno pozornost posvetimo lesu in kovinam). Včasih zadoščajo posebni dodatki k malti, ponavadi pa dodamo različne mrežice in plošče iz mavca.

Malta se nanaša na zid v plasteh. Začetni sloj je ponavadi bolj grob in služi zgolj izravnavi površine, zgornja plast pa je finejša in skrbi za zaključni izgled.

Apnenemu ometu pogosto dodamo cement, ki zvišuje njegovo trdnost, odpornost na zunanje vplive pa se zviša z dodajanjem raznih umetnih ali (včasih) naravnih polimerov.

Mavčni omet se uporablaj predvsem za notranjih suhih površin.tudi not

Cemetni omet se uporablja tako za zunanja kot tudi notranja dela. Uporabljajo se navadni, vodoprepustni in tudi podaljšani, vsak za svoj namen.

Namen obdelave površine z ometom je:

- izravnava površin in priprava podlage za barvo ali dodatno oblogo,
- zaščita zidu pred okoljem, vlago, mehanskimi poškodbami,
- izboljšava izolativnosti pred vodo, zvokom, ognjem, toploto, plini,
- izboljšava higienskih pogojev - olajšanje vzdrževanja zglajenih površin
- doseganje estetskih učinkov.

Ločimo različne skupine malt:

- malte za obdelavo notranjih in zunanjih površin zidov in stropov, ki se dodatno barvajo,
- dekorativne malte, ki vsebujejo barvo in dodatke za doseganje določene teksture
- posebne malte - izolativne, odporne na obrabo, itd.

Vrste ometov, ki se v gradbeništvu najpogosteje uporabljajo:

-Omet z izgledom umetnega kamna, ki se pripravi iz abrve, cementa in agregata, ter se po strjevanju površinsko obdela v globino 1-2mm.

-Plemeniti suhi omet, ki se pripravi na industrijski način in se ga na steno brizga v dveh ali treh plasteh. Sestavljen je iz cementa, apna, peska in barve

-Plastični omet se priprav iz polimernega veziva, kamnitih zrn, kamnite moke in pigmenta na industrijski način in se brizga na pripravljeno površino.

Poškodbe ometov:

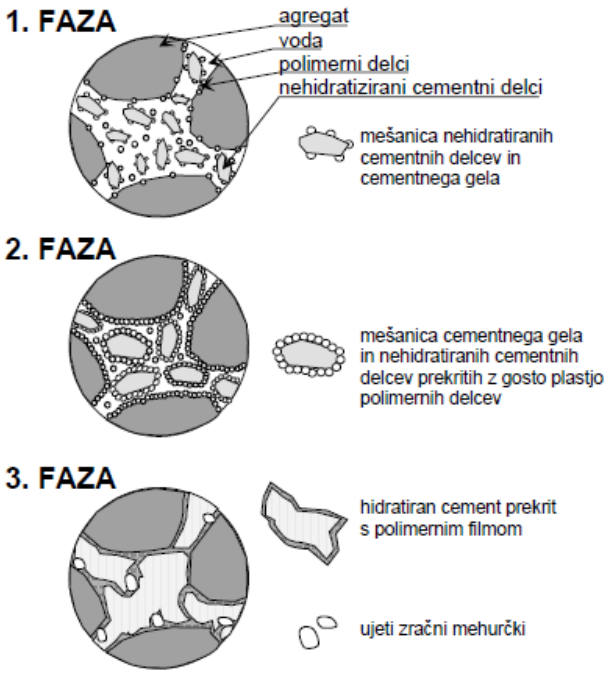
Trajnost je odvisna od njihove kakovosti, kakovosti podlage, obremenitvami z mehanskimi vplivi in vplivi okolja. Najpogostejše poškodbe so:

-školjkasto luščenje zaradi večjih zrn živega apna, ki se s stiku z vlago gasi, nabreka in poka
-cvetenja ometa zaradi soli, ki se izloča na podlagi ali na zunanjosti ometa
-pokanje ometa zaradi prevelikih količin cementa v mešanici
-odpadanje ometa zaradi slabo pripravljene podlage, slabe nege ometa, zmrzovanjem,..
-delovanje plesni in alg na območju toplotnih mostov, kjer se kondenzira vlaga

Polimerno modificirane malte:

S polimeri modificirane malte so kompozitna gradiva, pri katerih je del cementa nadomeščen z polimernim vezivom. Delež polimernega veziva znaša 2-35% mase cementa. Z dodajanjem polimerjev cementnim maltam vplivamo na njihovo obdelovalnost, zadrževanje vode, upočasnitev vezanja, trdnost, odpornost na zunanje vplive, odpornost na udarce itd. Naštete lastnosti so posledice oblikovanja polimernega filma, ki v času hidratizacije cementa ustvari monolitno matrico mrežaste strukture – slika.

Po mešanju malte so delci polimerov enakomerno razporejeni v sveži cementni malti. Na površino cementnega gela, na površino še nehidratiziranih cementnih delcev in na površino zrn agregata se postopoma odlagajo delci polimerov (1. faza). Na površini agregata se tvori tudi plast kalcijevega silikata, ki nastaja kot produkt reakcije med Ca(OH)2 in silikatno površino mineralnega agregata.
Z nadaljevanjem hidratacije izgineva voda iz por in se zato delci polimera sprijemajo v zvezno in na gosto zbito plast, ki prekriva cementni gel in agregat ter zapolnjuje pore (2. faza). Nekateri polimeri lahko kemijsko reagirajo s silikatno površino agregatov.
Pri izteku procesa hidratacije cementa iz por skoraj povsem izgine voda. Iz gosto zbitih delcev polimera nastane nepretrgan film, ki tvori monolitno polimerno mrežo (3. faza). Ta mreža prepreda hidratiran cementni gel, zapolnjuje večje pore ter povezuje agregat in cementni gel.

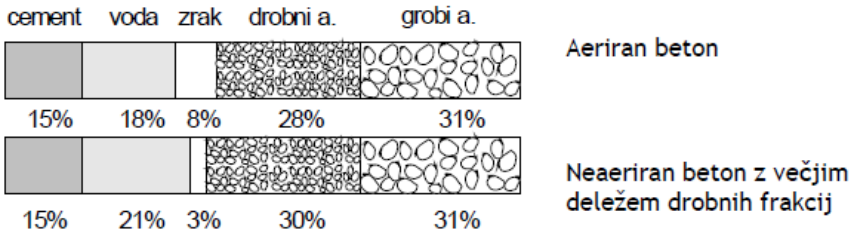


Sestavine betonske mešanice:

Beton je v ožjem pomenu kompozitni material, sestavljen iz cementne mešanice, vode, zraka in seveda agregata + nekaterih drugih dodatkov. Cementni kamen otrdelega betona nastane pri hidrataciji in strjevanju cementne paste. Ta nastane z mešanjem cementa, vode in različnih dodatkov, s katerimi spreminjamo in reguliramo lastnosti betona. Beton ima v sebi nekatere odprte in zaprte pore v katerih je zrak. Betonov poznamo ogromno, nekateri vsebujejo celo organske snovi in jim pravimo keramično – polimerni kompoziti. V mineralnih betonih se lahko uporabijo tudi dodatki sestavljeni iz organskih spojin, ki modificirajo lastnosti keramičnega betona.

Cementa pasta, ki s strjevanjem preide v cementni kamen tvori le 25-40% betona, kar pomeni, da agregat tvori večino betonske mase. Posledično je izbira agregata ključnega pomena za kakovost in lastnosti pomena, seveda pa je veliko odvisno tudi od cementne paste in njenih dodatkov. V idealno projektiranem betonu s cementno pasto z v/c = 0.38 bi morali biti vsi prostori zapolnjeni, vsako zrno agregata pa bi bilo oblepljeno z cementno pasto. Beton bi vseboval pore, vendar bi bile vse zaprte. Takšen beton v praksi ni mogoče narediti, potrebno pa je težiti k čim bolj podobnem. Na sliki vidimo razliko med aeriranim betonom in navadnim betonom, ki ima manj por in povečano število drobnih frakcij.

Parameter, ki najbolj vpliva na lastnost betona je vodocementni količnik oziroma razmerje.



Kako vpliva zmanjšanje količine vode na lastnosti betona?

- zvišanje mehanskih lastnosti,
- zvišanje vodonepropustnost in znižanje absorptivnosti betona,
- zvišanje odpornosti na vremenske vplive in na agresivnost okolja,
- boljšo sprijemnost med plastmi betona in med betonom in armaturo,
- zmanjšanje prostorninskih sprememb pri sušenju in namakanju in
- znižanje števila in velikosti razpok zaradi krčenja.

Na splošno tudi velja, da je velikost vodocementnega količnika obratno sorazmerna kakovosti betona ob pogoju enake vgradljivosti. Zniževanje količine vode pa zmanjšuje tudi vgradljivost , zato se pri nizki količine vode poslužujemo različnih dodatkov, oziroma mešanice vgrajujemo s pomočjo vibratorjev.

Kako na beton vplivajo dodatki, ki jih dodajamo vodi za pripravo betona?

- časovni potek vezanja in strjevanja cementne paste,
- zmanjšanje potrebe po vodi,
- poboljšanje obdelovalnosti betona,
- vgradnjo zračnih mehurčkov in ustvarjanje zaprte poroznosti betona,
- reguliranje ostalih lastnosti betona.

Lastnosti sveže mešanice:

Mešanje betona: Osnovne sestavine se mora pazljivo zmešati v homogeno celoto. Pri tem je pomembno tudi v kakšnem vrstnem redu se doda katera izmed sestavin in navsezadnje, pomembno je tudi kakšen mešalec imamo, kakšne oblike, kapacitete, stanje lopatic in seveda čas mešanja in hitrost mešanja.

Konsistenca: Je tisti parameter, ki določa plastičnost betona. Standard določa metode za preizkušenje konsistence in različne razrede (trdoplastična, srednjeplastična, mehkoplastična in tekoča). V splošnem velja, da naj bo mešanica takšna, da se jo da oblikovati z rokami. Tekoča mešanice se uporablja le za izjemno gosto armirane betone. Plastičnemu betonu se dodajajo supreplastifikatorji, ki povečujejo vgradljivost. Plastična mešanica omogoča izdelavo trdnega in homogenega betona, vendar se pri vgradnji porabi več energije.

Vgradljivost: Stopnjo vgradljivosti določa enastavno vgrajevanje, konsolidacija sveže mešanice in njeno končno oblikovanje. Vsa zrna morajo ostati med transportom in vgradnjo enakomerno razporejena, torej mora beton ohraniti homogenost , zato ga je potrebno pripravljati čim bliže mestu vgradnje. Paziti moramo tudi na izcejanje vode.

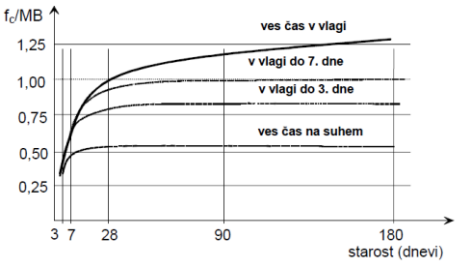
Izcejanje vode: Je pojav pri katerem se na vrhu sveže mešanice izloči plast vode. Pri tem nastane plast betona z velikim vodocemntnim količnikom, ki im nizko odpornost prozi zunanjim vplivom, je neobstojna in ima slabe mehanske lastnosti. Včasih se na površju ustvarijo celo žepi in večje odprte pore kraterske oblike. Pri izhlapevanju izcejene vode je otrdela površina betona nižja od nivoja površine sveže betonske mešanice. Pojavu pravimo krčenje zaradi posedanja. Vpliv in obseg izcejanja se da zmanjšati z ustrezno granulometrijsko sestavo, kemičnimi dodatki, aeriranjem itd. Zmanjšanje izcejanja je pomembno pri betonih, ki jih uporabljamo za zalivanje votlin, izdelavo pdopor in nepropustnih plasti.

Konsolidacija: Pri gradnji z dovajanjem energije (vibratorji, nabijala) se delci svežega betona premikajo, mešanica pa se obnaša kot gost fluid. Vibriranje nam omogoča vgradnjo toge mešanice, ki ima nizek vodocementni količnikin boljše lastnosti. Vibriramo po navadi beton, ki ga ne moremo ročno vgraditi, saj lahko vibriranje povzroči seagregacijo.

Hidratacija, vezanje in strjevanje betona: Poroznost cementne paste bistveno vpliva na mehanske in tehnološke lastnosti sveže mešanice in tudi samega betona. Trdnejši betoni imajo manj odprtih in zaprtih por, kar pa je povezano z v/c. Poseben problem je razvoj hidratacijske toplote, ki lahko včasih (pri nizkih temperaturah) beton varuje pred zmrzovanjem, pri masivnih konstrukcijah pa povzroči lokalne notranje obremenitve zaradi neenakomernega oddajanja. Zato je zaželeno hitro strjevanje, ki pa ga dosežemo z dodajanjem sadre, finost cementa, finost frakcij agregata itd.

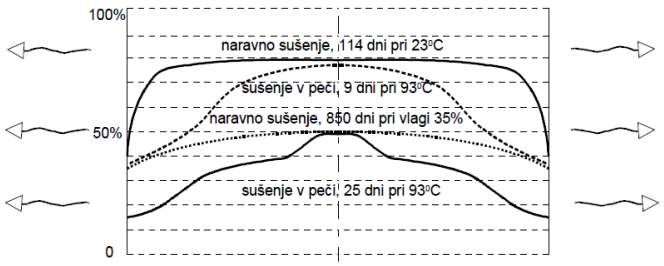
Nega otrdelega betona:

Kot kaže slika je njegova trdnost odvisna od nege v času strjevanja. Trdnost narašča ves čas staranja, dokler se v cementni pasti še nahajajo nehidratizirana zrna.
Hidratizacija pa je izvedljive le, če je relativna vlažnost okolja vsaj 80% in temperatura ni takšna, da ta voda zmrzuje. Ko se beton enkrat posuši je možno ponovno vzpostaviti hidratacijo, vendar ga moramo ustrezno negovati. Ker je nemogoče dovesti vlago v izsušeni beton je potrebno zagotoviti ustrezno vlažnost okolja vsaj prvi mesec.



Sušenje betona:

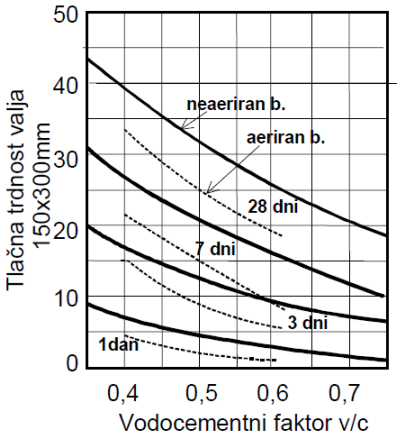
Sušenje betona ne prispeva k njegovi trdnosti, saj ima lahko beton v sebi še velik delež nehidratiziranih cementnih zrn. Kot vemo, mora biti za proces hidratizacije zagotovljena 80% vlažnost. Ker sušenje poteka iz zunanje plasti na notranje, je v času, ko se je zunanja plast že posušila v sredici še vedno dovolj vlage, da poteče hidratizacija. Tako dobimo več vlasti betona različnih lastnosti, kar lahko zelo negativno vpliva na kakovost betona samega (zunanje plasti se po navadi luščijo, krčijo in pokajo). Zato je pomembno, da betona ne sušimo prehitro. Ns sliki je prikazan prerez 15cm betonske stene, ki je bila izpostavljena različnim sušenjem.



Ker so betoni različnih oblik, imajo nekateri glede na njhovo prostornino večjo površino kot drugi, kar pomeni, da se tisti z večjo površino hitreje sušijo in imajo manj vlage, ki pa vpliva na mehanske lastnosti.

Mehanske lastnosti betona:

Tlačna trdnost: Tlačna trdnost je maksimalna izmerjena odpornost betona na osno obremenitev po starosti 28 dni. Merjenec (prizma, kocka) mora biti ves čas v vodi ali v prostoru s 95% vlažnostjo, saj mora biti ves čas omogočen proces hidratizacije. Na trdnost zelo vpliva v/c in njegova starost in sicer, manj kot je vode, bolj je trden, s starostjo pa njegova trdnost narašča (hidratizacija).



Karakteristična tlačna trdnost: Je vrednost pod katero je za pričakovati maksimalno 5% merjencev (torej, samo 5% merjencev ima lahko slabšo trdnost)

Razred tlačne trdnosti[MB]: Je tlačna trdnost, ki je izražena v [MPa] in izhaja iz karakteristične trdnosti. Za armirano betonske konstrukcije se ne uporablja manj kot MB15, ponavadi okoli MB20-35. Poznamo tudi betone višje betonske marke, ki imajo nad MB40, obstajajo pa tudi izjemno trdni betoni, ki imajo MB140.

Upogibna natezna trdnost: Upogibna natezna trdnost je v sorazmerju s tlačno trdnostjo. Preizukšamo jo lahko tudi na istih merjencih in znaša okoli 15% tlačne trdnosti betona s poskusom kock in 20% trdnosti betona v obliki valja.

Cepilna natezna trdnost: Je pomembna pri oceni obremenitev pri katerih nastanejo razpoke v beto:nu. Preskuša se z zvezno linearno obremenitvijo po sredini nasprotnih ploskev in znaša 7/10% tlačne trdnosti kocke/valja. Je približno enaka natezni trdnosti betona pri enoosnem nategu in pri višjih markah pada (sorazmerno).

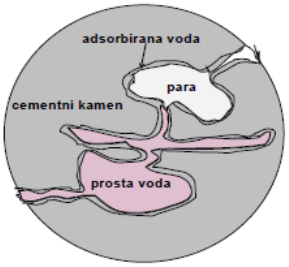
Modul elastičnost: Se določa s preiskavami na prizmah. V predpisih so podani izrazi za izračun modulov elastičnosti na osnovi tlačne trdnosti betona. Moduli elastičnosti betona so okoli 1000-krat večji od tlačne trdnosti.

Gostota: Gostota običajnih betonov znaša okoli 2200-2400 kg/m^3 in na gostoto vpliva sestava in vrsta agregata. Sveži beton je nekoliko bolj gost (?). Lahki betoni imajo gostote nad 250kg/m^3, medtem ko imajo tista težki tudi 6000kg/m^3.

Tehnološke lastnosti betona:

Obrabnost: Je pomembna pri betonih, ki se uporabljajo za površine, ki so izpostavljene mehanskim vplivom in tekoči vodi. Je proporcionalna trdnosti in največja, če je nizek vodocementni količnik, kvaliteten agregat in je njegova površina primerno obdelana.

Vodotesnost: Vodotesnost je lastnost, ki jo morajo imeti betoni izpostavljeni atmosferskim in ostalim ekstremnim vplivom pri konstrukcijah, ki morajo zadrževati vodo brez vidnega prepuščanja. Preizkuša se s količino pretoka vode skozi beton pod določenim pritiskom. Je odvisno od sestave betona. Če je beton bolj porozen, je tudi bolj prepusten in ima tudi nižjo zmrzlinsko odpornost – v betonski pasti je potrebno manj vode. Največji vpliv na vodotesnost imata razpokanost in odprta poroznost. Prepustnost zrele cementne paste znaša od 0.1-120 10^{-12} cm/s, zrel beton dobre kakovosti pa ima okoli 10^{-10}.
Posebni betoni, ki se uporabljajo za parkirišča, teniška igrišča, letališke steze so narejeni tako da imajo visoko vodoprepustnost. So zelo porozni in imajo manjše število finih frakcij. Tak beton ima v porah tudi veliko zraka in je primeren za toplotne izolacije.

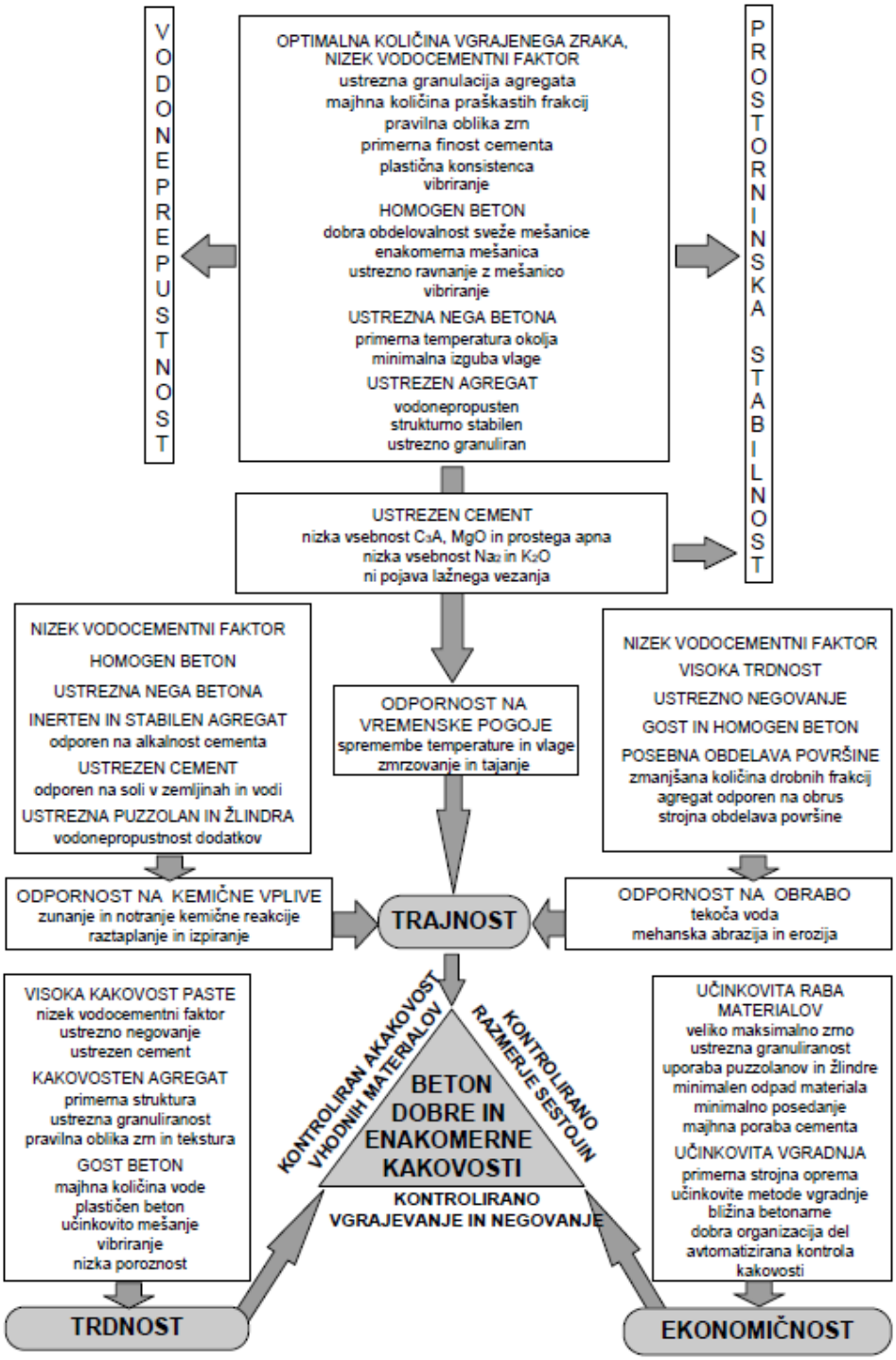


Shematski prikaz vode v porah

Zmrzlinska odpornost: **Je lastnost, ki prispeva k trajnosti betona. Zaradi cikličnega zmrovanja in taljenja vode v betonu se mu lahko življenjska doba skrajša. Aeriranje betona zviša zmrzlinsko odpornost, saj je ima beton veliko zaprtih por, ki pa ovirajo pretok vode. Odprte pore v agregatu so bolj nevarne kot v cementnem kamnu, ki ima pore mnogo tanjše.**
Zmrzlinsko odporni so tisti betoni, ki imajo nizek vodocementni količnik oziroma imajo stopnjo aeracije 4-8%.

Prostorninska stabilnost betona: **Ker beton rahlo spreminja prostornino zaradi temperaturnih sprememb in sprememb vlage okolja ter obremenitev, lahko to vpliva na konstrukcijski sistem. Spremembe so reda 0.1-0-8%, koeficient toplotnega raztezka pa je enak kot pri jeklu, kar omogoča armiranem betonu sodelovanje armature in betona. Beton spreminja prostornino tudi ko zaradi stalne vlage nabreka, torej ima vpliv na to sama sestava betona in njegove lastnosti. Beton se, ko je enkrat obtežen, še dodatno deformira.**

Shematičen prikaz glavnih lastnosti dobrega betona, njihovega medsebojnega vpliva in elementov, ki vplivajo na njegove lastnosti:



Preventivni in zaščitni ukrepi:

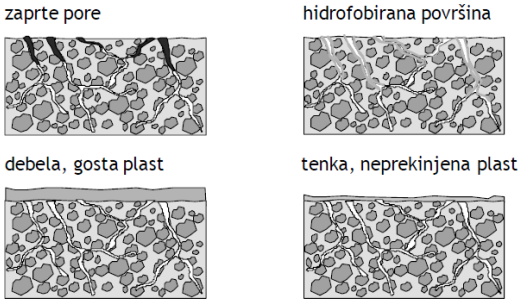
Površinska zaščita betona:

Osnovni namen površinske zaščite je utrjevanje površine iz zapiranje odprtih por. S tem dosežemo, da je material manj prepusten in posledično bolj odporen na zunanje vplive. Uporabljajo se štirje osnovni načini zaščite in kombinacije le teh:

Debele in goste zaščite: **So razni ometi iz cementne malte**

Tanke, neprekinjene plasti: **Morajo biti odporne na vodo in ostale vplive ter na oksidacijo ter karbonatizacijo. So izdelane iz olj in umetnih smol ter jih je potrebno obnavljati – ponovno nanesti.**

Zapiranje por: **Z zapiranjem por preprečujemo vodi, da bi prodirala proti sredici, tako naredimo površino nepropustno. Temelji na dveh kemičnih reakcijah.**



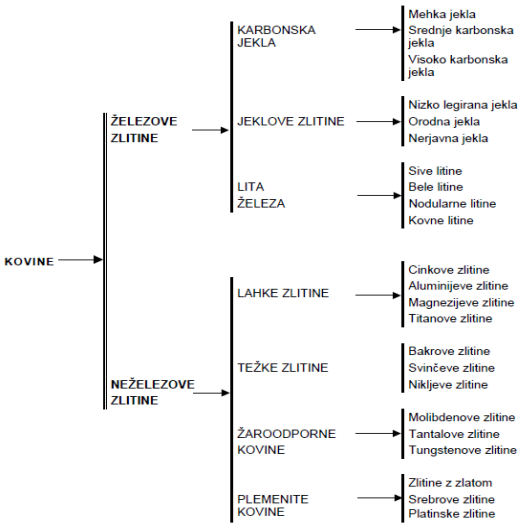
Hidrofobiranje: **Hidrofobiranje pomeni, da na površino nanesemo silikonske materiale, ki ob stiku z vodo reagirajo in nabreknejo ter jih onemogočajo pronicanje v betonske pore. Poznamo takšne, ki se vežejo na cementni kamen in takšne, ki se ne.**

Zaščita armature:

Beton ima zelo visoko PH - vrednost, tudi nad 13, zato bazično okolje v njemu ščiti jekleno armaturo pred korozijo. Če pa v betonu potekajo neugodne kemične reakcije pa lahko PH vrednost pade in posledično je armatura takoj izpostavljena koroziji. Dodaten problem predstavlja dejstvo, da je zaradi rje nekakšna razlika v prostorninah, zato prične beton pokati (na starejših stavbah pogosto vidimo, kako iz zidu gledajo armaturne palice). Problem bi lahko za silo sanirali, vendar je veliko bolj pomembno, da se pred korozijo zavarujemo. Na prve mestu je potrebno beton zaščititi pred snovmi, ki bi povzročile reakcijo. Ker je to pogosto nemogoče (CO_2) pa lahko armaturo pocinkamo ali pa uporabimo kar nerjaveče jeklo. Seveda uporaba takšnih materialov pomeni tudi dodatne stroške.

KOVINE

Kovine so prevladujoči kemijski elementi. Čiste kovine imajo zelo raznolike lastnosti, še bolj raznolike pa dobimo, če kombiniramo različne vrste kovin. Tako dobimo kovinske zlitine. Še večja raznolikost pa se lahko tvorijo s kombiniranjem kovinskih in nekovinskih elementov. Obe vrsti tvorita večji del tehnično uporabnih elementov, med katerimi so tudi gradiva. (Na desno vidimo hierarhično razporeditev kovin). Zgradba večine kovin je kristalasta. Kovine, ki jih uporabljamo v gradbeništvu odlikuje duktilnost in žilavost, zato jih lahko oblikujemo in obdelujemo v različne uporabne oblike. Povsem čiste kovine so mehke in same po sebi neuporabne, zato jih pod visokimi temperaturami zlivamo z drugimi kovinami in nekovinami in tako dobimo pri nižjih temperaturah trdna, žilava in uporabna gradiva.



Kovinska gradiva lahko obravnavamo v dveh skupinah:

-Železove zlitine vsebujejo od 98% (čista karbonska jekla) do 50% (visoko legirana jekla) železa.

-Neželezove zlitine (razvidno z tabele)

Železove zlitine:

So večinoma jekla in tvorijo okoli 90% vseh kovin, saj jih odlikujejo izjemne lastnosti, velika raznolikost in relativno nizka cena.

Karbonska jekla: So najcenejša in najpogosteje uporabljena. Kot že ime pove vsebujejo karbonska jekla železo in ogljik, lahko pa tudi mangan in silicij. Trdnost je odvisna predvsem od količine ogljika, ki pa lahko zmanjša duktilnost. Karbonska jekla niso najbolj trdna, predvsem pri višjih temperaturah, so krhka in zelo občutljiva na korozijo. Seveda pa se lahko lastnosti izboljšajo z različnimi dodatki in obdelavo. Jekla, ki vsebujejo do 5% legirnih elementov imenujemo nizko legirana jekla. Legiranje izboljša lastnosti jekel, na žalost pa tudi cena precej naraste.

Nerjavna jekla: Osnovna značilnost teh jekel je, da so korozijsko odporna. To dosežemo tako, da jeklu dodamo krom (jih kromiramo). Korozijsko odporna plast se tvori le če je v jeklu vsaj 12% kroma. Na površini jekla se tvori kromov oksid. Po svoji sestavi se ločijo na avstenitna, feritna i martenzitna.

Orodna jekla: Sodijo med visokolegirana visokokarbonska jekla. Uporabljajo se za izdelavo rezalnih orodij, ki obdelujejo druge vrste jekel (cnc stroji). Orodna jekla morajo biti odporna na obrabo, trda, trdna, žilava in obstojna pri višjih temperaturah. Značilna predstavnika orodnih jekel sta jekla, ki imata kot legiran element volfram ali molibden. Orodna jekla so veliko dražja kot visoko karbonska.

Lita železa: Metalurška sestava le teh je dokaj kompleksna. V večini sestojijo iz železa, silicija in ogljika, ki pa je lahko v različnih oblikah. Zato se lita železa razvrščajo ravno po obliki ogljika.

Siva litna – Vsebuje dovolj silicija, da se ogljika pojavi v obliki grafitnih ličev. Zaradi tega se sive litine dobro obdelujejo in prenašajo udarce ter so tudi cenovno ugodne.

Bela litina – V njej se ogljik nahaja v obliki cementida (železov karbid), zaradi katerega je litina zelo trda in krhka. S postopkom aneliranja se del cementita pretvori v stabilnejši grafit in tako dobimo kovno litino, ki ima razmeroma visoko žilavost, duši udarce in jo je lahko obdelovati

Nodularna (duktilna) litina – Se izdeluje z sivo litino, kateri med taljenjem dodamo enega izmed elementov Mg, Ca, Ce, Li, Na, Ba. Grafit se tu oblikuje v kroglice. Taka litina je po lastnosti podobna mehkim jeklom, ima zelo dobre obdelovalne lastnosti in je primerna za vlivanje, ob tem pa je tudi zelo živala in duktilna. Najbolj znan primer uporabe so osi v avtomobilskih motorjih.

Neželezove zlitine

So neprimerno dražje od železovih zlitin, vendar pa so nepogrešljive, ko se zahteva korozijska odpornost, električna in toplotna prevodnost, visoka specifična trdnost in dobra obdelovalnost.

-Lahke neželezove zlitine: Imajo visoko specifično trdnost in togost in majo nizko gostoto (zračna plovila)

-Aluminijeve zlitine: Sodijo med najbolj ekonomične neželezove zlitine. So korozijsko odporne, visoko prevodne, lahko pa se jim tudi zviša trdnost. Uporabljajo se za izdelke in konstrukcijske elemente, kjer se zahteva prevodnost, obdelovalnost in trdnost.

-Magnezijeve zlitine: So manj trdne in dražje od aluminijevih, vendar pa so zelo lahke, zato so primerne za zračna plovila, dele avtomobilskih motorjev in plastišča.

-Titanijeve zlitine: Z dodajanjem različnih legirnih elementov in termomehansko obdelavo se tvorijo različne mikrostrukture titanijevih zlitin in s tem tudi različne lastnosti. Tako lahko dosežemo najvišjo specifično trdnost med vsemi kovinami pri visokih temperaturah.

-Težke zlitine: Kot ime pove so težke, saj imajo dvakrat večjo gostoto od jekla a še vedno nižjo od žaroodpornih in žlahtnih kovin. Med težke zlitine sodijo loti, medenine in bronze.

-Žaroodporne zlitine: Imajo tališče nad 1600°C. Pogosto se uporabljajo kot legirni element pri posebnih vrstah jekel.

-Žlahtne kovine: So zlato, srebro in kovine iz platinaste skupine. So najbolj drage kovine in se uporablajo predvsem tam, kjer se zahteva visoka prevodnost in korozijska, kemična in oksidacijska odpornost.

ŽELEZOVE ZLITINE

Železove zlitine, predvsem jeklo, so v razvitem svetu najbolj uporabljano konstrukcijsko gradivo, saj je kar 90% kovin odpade na železove zlitine. Od tega jih je največ jekel z 0.05 do 2% ogljika in lita železa, ki vsebujejo 2-4.5% ogljika. Razvitost civilizacij je bila pogojena ravno z uporabo različnih kovin, zato se tudi dobe imenujejo po kovinah, ki so jih tedaj razvijali in uporabljali. Ker je železo mehko, so ga morali nekako obdelovati. Sčasoma so nastajala jekla in legirana železa, ki so imela vedno boljše lastnosti. Jeklo poznamo že okoli 4000 let. Sodobne postopke pa so iznašli v sredini 19. stoletja v obdobju industrijske revolucije. Najprej so izumili konvektorski proces v hruškasti peči, nato pnevmatski pod pritiskom, Siemens pa je iznašel regeneracijski postopek, na osnovi katerega je Martin konstruiral elektropeč, ki omogoča izdelavo visoko kakovostnih jekel in še danes predstavlja osnovo vsem tehnologijam proizvodnje jekel. Masovna uporaba jekel se je za konstrukcijske namene začela uporabljati konec 19.st., ko je ravno zaradi sodobne tehnologije proizvodnje padla cena jekla.

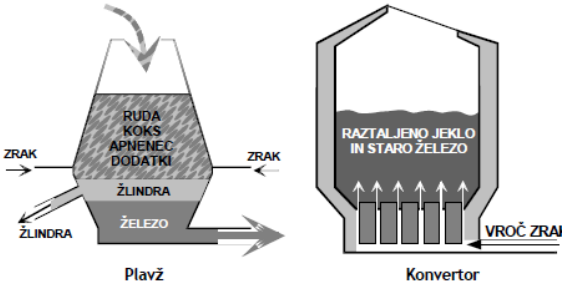
Proizvodnja železa in jekla:

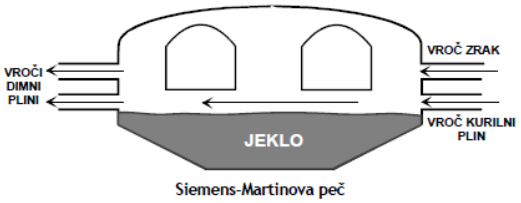
Železo se pridobiva s plavžnim procesom, ki je redukcija oksidnih železovih rud s koksom. V plavžu se železovi rudi doda koks, ki se pridobiva kot preostanek suhe destilacije s plinom obogatenega črnega premoga. Poleg koksa se doda tudi apnenec in ostali dodatki. Plavž se stalno polni, tako da proizvodnja poteka nepretrgoma. Nad železove taline se izloča plast žlindre, ki vsebuje nečistoče nastale med taljenjem vhodnih surovin. Plast žlindre se sproti odstranjuje pred vsakim izlivanjem železove taline. V plavž se vpihuje zrak skozi vodno hlajene šobe pri dnu plavža in temperaturi okoli 1100°C. Ogljik iz koksa tako reagira s kisikom in tako se iz rude izloča železo. Temperatura pri tem naraste na 3000°C, kjer se železo tali. Po 5-6h se železo izliva v ingote, ki imajo maso okoli 1 tone. Takšno železo pa še ni čisto, saj vsebuje silicij, žveplo in okoli 4% ogljika. Glede na obliko v kateri je izločen ogljik poznamo sivi grodelj, beli grodelj in sfero litino.

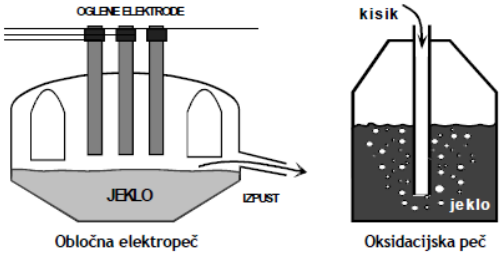
Beli grodelj je osnova za izdelavo jekel. S konvertorskim postopkom se proizvaja kisla in bazična jekla, glede na vrsto obloge v konverterju, kjer se poleg grodlja tali tudi staro železo.

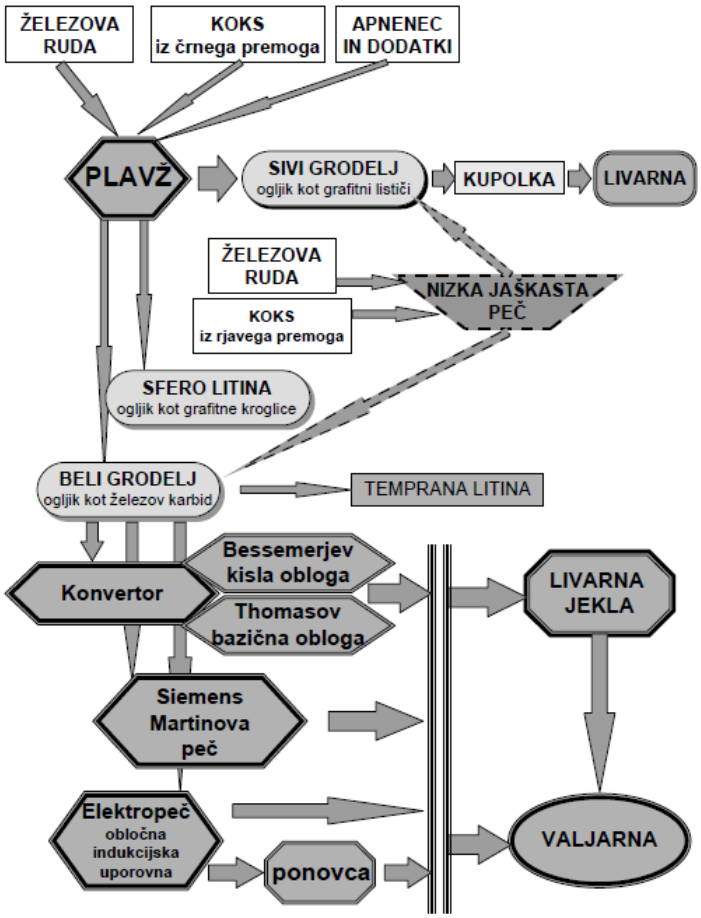
Siemens-Martinova peč je podobna veliki posodi obloženi z ognjestalno keramiko kjer se mešanica grodlja in starega železa tali s pomočjo predogretega zraka in kurilnega plina. Pri tem izgorevajo nečistoče in del ogljika. V takšnih pečeh se v 12h prečisti 150-250 ton taline. Po koncu čiščenja se dodajajo natančni odmerki ogljika in legirnih kovin, jeklo pa se nato vliva v ingote.

Sheme:



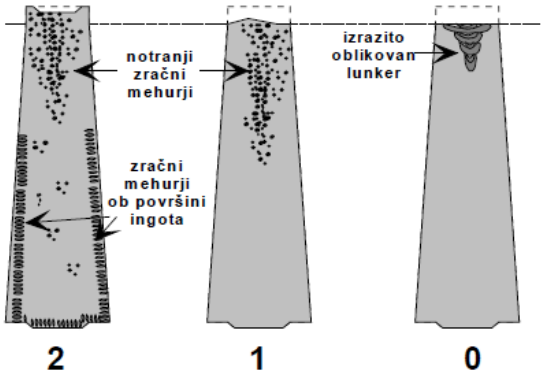






Dobljeno jeklo pa vsebuje še vedno veliko količino nezaželenih primesi, ki ga oslabijo. Kakovost se izboljša še z dodatnim rafiniranjem v električnih pečeh, npr v obločni peči, ki je podobna Siemens-Martinovi peči, le da se s pomočjo oglenih elektrod tik na surovino ustvari električni oblok, ki jih tali ter zgoreva ogljik. Ker pri tem postopku ni potrebnega zraka se v talini se ustvarjajo dodatni zračni mehurčki.
Ker tudi ta metoda ne odstrani vseh nečistoč, se je v zadnjih desetletjih razvila ponovčna tehnologija. Tu se v talino pod pritiskom okoli 10 barov skozi cev uvaja čisti kisik, s katerim ogljik hitro oksidira in se proces zgorevanje ogljika konča v 45min. Potem se cev odstrani iz kovine in se ji dodajo natančne mere ogljika in legirnih kovin, tako dobljeno jeklo pa se izlije v ingote.
Tekoče jeklo se vliva v posode stožčaste oblike – te odlitke imenujemo ingoti. Idealen ingot bi moral imeti po celotni prostornini enako strukturo in kemično sestavo, kar pa zaradi procesa hlajenja nima. Na vrhu se namreč izločajo plinski mehurji, del le teh pa ostane ujet, zato se jeklo v tistem delu poseda. Iz tega razloga moramo pred obdelavo zgornjo plast odstraniti. Glede na obnašanje taline med vplivanjem ločimo *pomirjeno* in *nepomirjeno.*
Nepomirjena: So tista jekla pri katerih je med proizvodnjo nastalo relativno veliko raztopljenega kisika, ki se pri ohlajevanju veže v ogljikov monoksid. Takšno jeklo med vlivanjem burno vre, na površini in v notranjosti pa se izloča ogljikov monoksid.
Pomirjena: Pri teh se prosti kisik med proizvodnjo veže z dezoksidacijskimi elementi (Si,Al,Ti), tako da zgoraj opisan pojav manj izrazit. Stopnja pomirjenosti vpliva na lastnosti jekla, saj je od nje odvisna homogenost in večja ali manjša prisotnost zračnih votlin in ostalih vključkov ter nečistoč.
Med valjanjem se nečistoče razporedijo v obliki lusk in predstavljajo nekakšne zareze, ki škodujejo lastnostim kovin, saj nastaja večplastnost materiala. Najbolj razširjena metoda za odkrivanje teh napak je z ultrazvokom.

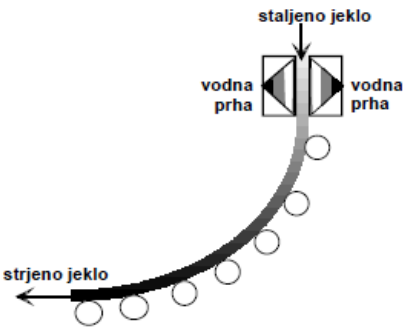
Stopnje pomirjenosti: V ingotu poznamo 3 izrazite stopnje pomirjenega stanja. V specialno pomirjenem ingotu so razmere skoraj idealne, saj niti čistoč niti zračnih mehurčkov. Pri pomirjenem jeklu so mehurji zbrani pri vrhu, pri nepomirjenem pa so mehurji zbrani tako na obodu, kakor tudi po celotni notranjosti in notranji površini. Oznake 0,1,2 so standardizirane oznake, ki pomenijo stopnjo pomirjenosti jekla.



Shematični prikaz stopnje pomirjenosti ingotov (2-nepomirjen, 1-pomirjen, 0-specialno pomirjen)

Oblikovanje jekla: Jeklo se pri temperaturi okoli 2200°C ali pri sobni temperaturi valjav različne oblike. Toplo valjanje se uporablja za izdelavo profilov, hladno pa za izdelavo pločevin, medtem ko se ostale izdelka kar s hladnim vlečenjem. Na trgu se jeklo običajno dobi v obliki:

-Kotniki
-Palice
-Nosilci
-Plošče
-Pločevine
-Cevi
-Žice



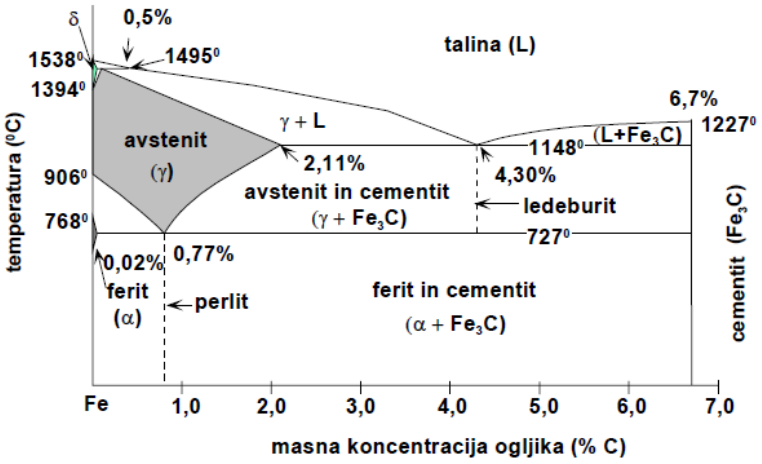
Osnovne vrste železovih kovin

Fazni diagram železo – ogljik:

Razmerje med ogljikom in železom lahko ponazorimo v obliki diagrama, kjer na abcisni osi predstavljen odstotek ogljika glede na železo (do 7%), ordinatna os pa nam prikazuje temperaturo. Diagram prikazuje transformacije ki jih material doživlja med počasnim ohlajanjem.

→Ogljik se raztaplja v železu do koncentracije 0.02%. Dobimo alfa železo ali ferit, ki je čisto železo. Pri še manjši vsebnosti ogljika pa imamo pri višji temperaturi še delta železo, ki je prav tako čisto železo. Karbonsko železo z 0.77% ogljika se strdi med 768 in 1371°C in se imenuje gama železo ali avstenit. Med temperaturama 727 in 906°C ter koncentraciji ogljika pod 0.7% je zmes avsentita in ferita. Ko se temperatura manjša pod 727°C se loči na ferit in cementit, zato se tej temperaturi reče transformacijska temperatura, ki se z višanjem deleža ogljika niža proti avstenitnem območju.

Z večanjem odstotka ogljika se povečuje delež cementit, ki je zmes in ne zlitina in je trd ter krhek.



Alotropičnost: Pomeni, da ima železo več kristalnih oblik, tako je ferit alotrop s prostorsko kubično mrežo, avstenit pa s ploskovno centrirano kubično mrežo. Seveda se oblika kristalne mreže s temperaturnimi razlikami na določenih točkah spreminja.

Feromagnetičnost: Železo je magnetično le do temperature 768°C (Curiejeva temperatura), po njej pa to lastnost izgubi, jo pa lahko v nasprotni smeri nazaj pridobi.

Evtektična točka: Je točka, kjer se zgodi prehod med enofazno in dvofazno trdno otopino. Je pri temperaturi 727°C (0.77%). Evtektična sestava jekla se imenuje *perlit*. To je mešanica cementita in ferita, ki se tvori pri razgradnji avstenita pri ohlajanju, imenuje se tudi lamelirani perlit.

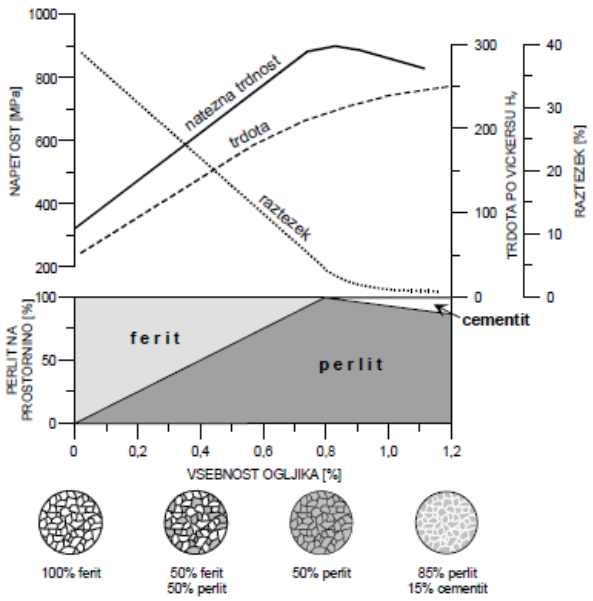
Hipoevtektoid: Ta jekla sestojijo iz perlita z velikim deležem ferita. (svetla)

Hiperevtektoid: Ta jekla pa so iz perlita z manjšim deležem ferita. (temna)

Jeklo:

Jeklo je po uporabi najbolj razširjena kovina. Njegove lastnosti so odvisne od vrste in količine dodanih legirnih elementov, med katerimi je najbolj pomemben ogljik.

Vrsta jekla	Vsebnost ogljika (%)	Uporaba
Nizko karbonsko (mehko)	0,10 - 0,25	pločevine, konstrukcije
Srednje karbonsko	0,20 - 0,50	stiskanje, osi, orodja, rezila
	0,50 - 0,65	tračnice, vzmeti, kladiva
Visoko karbonsko	0,65 - 0,95	strojna orodja, žage, svedri
Livarsko jeklo	nad 1,00	odlitki



Jekla z nizko vsebnostjo ogljika ali nizko karbonska jekla so poceni, mehka, duktilna in se dajo enostavno variti in niso primerna za nadaljnjo toplotno obdelavo. Iz njih izdelujemo pločevino, avtomobilsko karoserijo, uporablja pa se tudi pri konstrukcijah, med drugim tudi za armaturi pri armiranem betonu. Kot je razvidno s slike je trdnost odvisna predvsem od vsebnosti ogljika, ki pa zmanjšuje stopnjo duktilnosti. Karbonska jekla so občutljiva na korozijo, lahko pa se izboljšajo z različnimi dodatki.

Visoko karbonska jekla so primerna za izdelavo rezil, orodij in podobnih izdelkov, saj imajo ustrezno trdoto in trdnost. Z višanjem količine ogljika se viša trdnost, cena, znižuje pa se duktilnost, obdelovalnost, tališče. Poznamo tudi hladno obdelavo s katero lahko spremenimo določene lastnosti, vendar je posledično tudi cena mnogo višja.

Legirni element	Dodana količina v težnostnih %	Učinek legirnega elementa
Aluminij (Al)	mala	Dezoksidira talino, ovira rast zrn, poveča površinsko trdoto.
Bor (B)	0,001 - 0,003	Poveča utrditev.
Krom (Cr)	0,5 - 4 4 - 18	Poveča utrditev in zviša trdnost. Zviša odpornost na korozijo in oksidacijo.
Kobalt (Co)	1 - 12	Zviša trdoto, poveča življenjsko dobo orodij.
Mangan (Mn)	0,25 - 0,4 pod 1	Odstranjuje žveplo z ustvarjanjem MnS v obliki vključkov in s tem zmanjšuje krhkost jekla. Poveča utrditev, zviša trdnost in trdoto.
Molibden (Mo)	0,2 - 5	Poveča utrditev, zviša trdnost in trdoto.
Nikelj (Ni)	2 - 5 12 - 20	Zviša žilavost posebej še pri nizkih temperaturah. Zviša odpornost na korozijo in oksidacijo, ko se doda še Cr.
Silicij (Si)	0,2 - 0,7 več kot 2	Dezoksidira talino, zviša trdnost. Zniža izgube pri namagnetenju (jedra transformatorjev), zviša električno upornost.
Žveplo (S)	0,08 - 0,15	Nezaželeno, a če se tvori MnS, se jeklo lažje obdeluje.
Volfram (W)	do 20	Zviša trdoto tudi pri višjih temperaturah in poveča utrditev.
Vanadij (V)	do 5	Zviša trdnost, a pri tem ne zmanjša duktilnosti.

Nerjavno jeklo:

Površinsko nezaščitena jekla običajno razmeroma hitro rjavijo, posebno, če so izpostavljena visokim temperaturam. Ta proces se da upočasniti z dodajanjem kroma ali niklja. Jekla, ki vsebujejo 12% in več kroma so visoko korozijsko odporna, saj se na površini naredi plast kromovega oksida. Delimo jih v tri skupine:

Feritna: Vsebujejo 12-25% kroma in imajo feritno strukturo vse do tališča (ne ustvari se avstenit). Zaradi lahke obdelave se pogosto uporabijo za izdelavo okrasnih izdelkov in orodij.

Avstenitna: Nastajajo z dodajanjem kroma ali niklja, pri čemer se tvorijo kubične ploskovno orientirane kristalne mreže. Posledica tega je, da so nemagnetna, torej jih lahko prepoznamo s pomočjo magneta. Imajo nizko vsebnost ogljika ter 16-25% kroma in 6-23% niklja. Dajo se variti, uporabljamo pa jih za posode za kemično industrijo orodje v prehrambeni industriji in za vse druge elemente, ki ne potrebujejo imeti visoko trdnost.

Martezitna: Vsebujejo 6-18% kroma in kar nekaj ogljika. Lahko vsebujejo tudi do 2% niklja. Utrdijo se s hitrim ohlajevanjem iz avstenitnega območja in imajo visoko trdnost, zato so primerna za izdelavo rezil in jedilnega pribora, ga je pa posledično težko obdelovati in variti.

Lito železo:

Za njih je značilno, da imajo več kot 2% ogljika in nekatere druge elemente (silicij ipd.). Ločimo sivo in belo litino, duktilno lito železo, kovno lito železo in kovno železo.

Siva litina: Je najpogosteje uporabljena železova litina in vsebuje 3-3,5% ogljika ter več kot 1% silicija. Je temne barve, ogljik pa ima v obliki grafitkih lističev. Je izjemno krhka in se lomi že pri hitrem ohlajanju ali segrevanju (mikroraspoke, večplastnost), se pa uprablja tam, kjer je potrebna visoka tlačna trdnost.

Bela litina: Se od sive litine razlikuje v tem, da se v njej ogljik ne nahaja v obliki grafitnih lističev, temveč v obliki cementita. Zato je površinsko svetle barve in ima visoko trdoto, je pa krhka. Uporablja se za izdelavo drsnih delov strojnih osi, kjer se zahteva visoka obrabna odpornost materiala.

Nodularna ali duktilna litina: Nastane pri počasnem ohlajevanju litega železa, ki mu dodamo kalcij, cerij, litij, magnezij in natrij. Namesto grafitnih lističev je ogljik v obliki ogljikovih kroglic, ki ne povzročajo mikrorazpok in ima material posledično višji natezno trdnost. Uprablja se za izdelavo blokov motorjev, pogonskih ročic, batov in ostalih strojnih delov.

Kovne litine: Dobimo jih tako, da segrevamo belo litino do okoli 960°C, kjer se iz cementita tvorijo kroglice. Tako se dobi kovina, ki je podobna duktilni litini, torej ji s tem procesom povišamo duktilnost. Uporabljata se dve vrsti kovnih litin; feritna in perlitna.

Mehanske lastnosti jekla

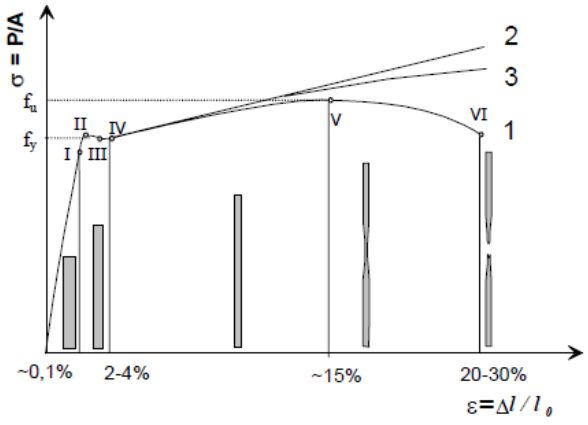
Natezni diagram:

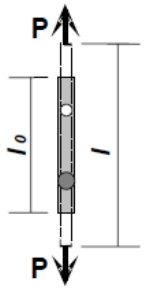
Najbolj značilne mehanske lastnosti se lahko ugotovijo na osnovi nateznega preizkusa kovinske epruvete, ki je izdelana v odvisnosti od različnih pogojev. Na osnovi diagrama lahko določimo: meja elastičnosti, meja plastičnosti, trdnost, porušna trdnost, elastičnost, žilavost in duktilnost kovine. Standardi določajo, da je hitrost nateznega preizkusa kovine izražena s prirastki 0.1 MPa/s ali s prirastki specifičnih deformacij okoli 1%/s.

0-I Elastično območje, področje kjer velja Hookov zakon. Reverzibilen odnos napetost- specifična deformacija.

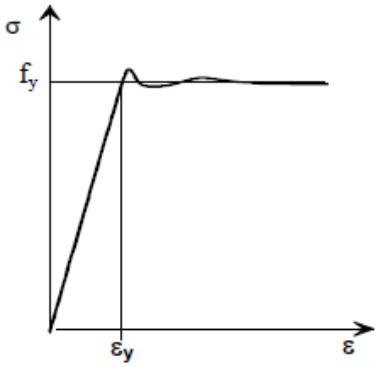
I-IV Območje plastičnega tečenja pri konstrukcijskih jeklih – dislokacije se premikajo skozi kristale in povzročajo nove dislokacije. Ker jih je toliko, da ovirajo napredovanje se material utrdi in potrebna je dodatna obremenitev za nadaljevanje plastificiranja

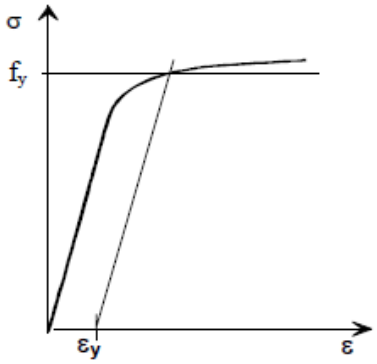
IV-V, VI Obremenitve in plastične deformacije se povečuje, kristali se rušijo in material se končno poruši po celotnem prerezu.



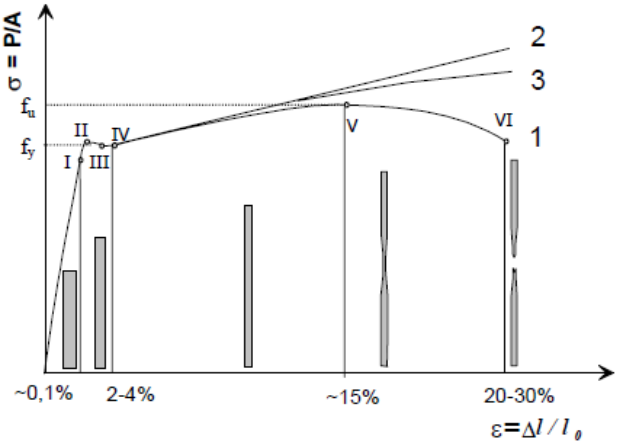


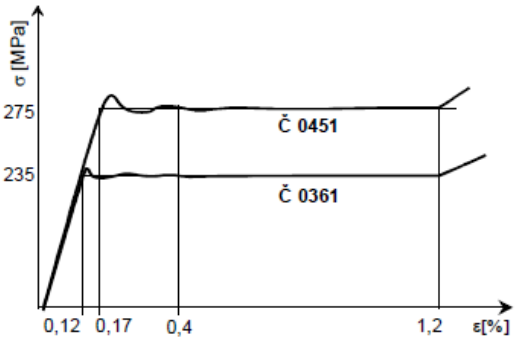
V večini primerov sta meja elastičnosti in plastičnosti tako blizu, da upoštevamo le mejo plastičnosti. Pri jeklenih in ostalih kovinah brez izrazite plastičnosti se meja definira kot napetost določljiva na 0.2% specifične deformacije. Ta meja je na presečišču nateznega diagrama in vzporednice elastičnemu delu diagrama, potekajoče skozi točko 0.2% na abcisi.





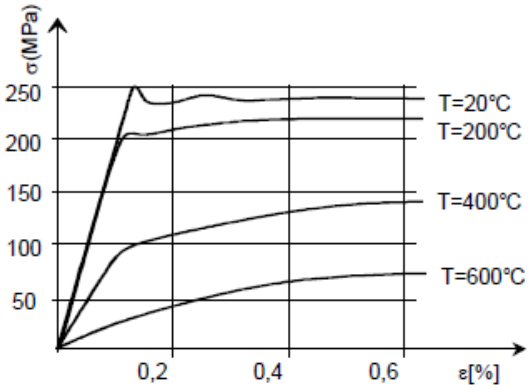
Modul elastičnosti se določa na osnovi naklona Hookove premice, ki je značilna za elastični – proporcionalni del nateznega diagrama.
Žilavost ponazarja površina, ki jo omejuje natezni diagram in abscisna os. Lomna žilavost pa se definira kot energija, ki se porabi za ločitev površine materiala pri širjenju razpoke (preizkus natezne zarezne žilavosti, kjer ima standardni preizkušanec narejeno ostro zarezo, nato pa se ga obremeni z udarcem nihala z glavo, odklon nihala po porušitvi pa omogoča meritev porabljene energije za porušitve preskušanca. Žilavost se zmanjšuje v odvisnosti padca temperature. Že majhen padec lahko povzroči veliko razliko v žilavosti.
Duktilnost je definirana kot razmerje deformacij na meji trdnosti in meji elastičnosti, ali pa kot razmerje deformacij na meji porušitve in meji elastičnosti. Na armaturni palicah se določa tudi z upogibnim preizkusom okoli trna standardiziranih izmer. Duktilna palica se lahko upogne za 180°brez da bi na njeni zunanji krivini nastale razpoke.
V praksi največkrat uporabimo tehnično obliko napetostnega diagrama(1), pri kateri upoštevamo, da je osnovna ploskva vseskozi enaka in nedeformirana. V resnici se ploskev deformira in ob upoštevanju tega dobimo dejanski diagram (2), če pa upoštevamo tudi kontrakcijo prereza, je dejanski diagram potrebno še malo korigirati (3). Tlačni diagram je v vseh treh različicah podoben nateznemu, le da se prerez ne zoži temveč se razširi.





Začetna dela tehničnih diagramov mehkih konstrukcijskih jekel

Porušitev je skoraj neodvisna od temperature, ki pa sicer vpliva na obnašanje materiala pred porušitvijo. Poznamo namreč duktilno in krhko porušitev. Krhka porušitev je takrat, ko na prerezu ni praktično nobenih deformacij, prelomna površina ima lep, kristalast izgled. Drsni ali duktilni lom pa nastane pod kotom 45°, zato površina ni ravna, prerez pa je zožen.
Spremembe temperature pa vplivajo na mehanske lastnosti. Pri konstrukcijskem jeklu se z nižanjem temperature poviša krhkost, z višanjem pa duktilnost. Deformacije so pri višjih temperaturah zelo velike, zato se pri 600°C pri tej vrsti jekla tečenje pojavi kar 4x hitreje kot na sobni temperaturi.
S cikličnim ponavljanjem obremenitev intenzivno utrujamo material, kar pomeni, da se sčasoma meja plastičnosti zelo zniža in Hookov zakon ne velja za tolikšno mero napetosti kot je predpisano. Temu rečemo Bauschingerjev efekt, lep primer le tega so potresi.
Pri dinamičnih obremenitvah se tudi pojavi urujanje. Dokazano je namreč, da je dopustna napetost pri materialu, ki ga počasi obremenjujemo z velikim številom majhnih sil nižja kot pričakovana, saj se pojavijo dislokacije v kovinski rešetki, posledično pa nastanejo razpoke, ki lahko privedejo do krhkega ali duktilnega zloma.
Na vse mehanske lastnosti pa vpliva tudi število zračnih mehurčkov znotraj materiala, ki ga ugotovimo z ultrazvokom. Posledično imamo v jeklu tudi veliko nečistoč (žlindra itd), ki seveda negativno vplivajo na mehanske in tehnološke lastnosti.



Kontrukcijska jekla:

V standardih so podane oznake konstrukcijskih jekel, iz katerih se lahko razberejo negove tehnične lastnosti: -Jekla so razvrščena v več trdnostnih stopenje, glede na natezno trdnost, znotraj katerih so razporejene tudi v 4 skupine glede na zagotovljeno žilavost 3,5 J/cm^2 pri temperaturah 20°C (B), 0°C (C) in -20°C (D), pri A pa se žilavost ne zahteva.

-V nemškem predpisu DIN 17 100 se jekla označujejo od Stahl »St« 33 do 70, ki označujejo natezno trdnost označeno v kN/cm^2, kar pomeni, da ima jeklo St 27 natezno trdnost 370 Mpa.

-Mehka konstrukcijska jekla so označena s črko S (steel) in številčno oznako, ki predstavlja mejo plastičnosti ter oznako, ki označuje stopnjo žilavosti jekla (npr, S 355 J0). Poznamo klase JR, J0, J2, najkakovostnejša pa so v klasi K2.

Sodobni evropski predpisi za projektiranje jeklenih konstrukcij Eurocode 3 označujejo jekla pod »Fe« po latisnki besedi Ferum z vrednostjo karatkteristične natezne trdnosti in drugimi oznakami, ki označujejo njegovo stopnjo žilavosti itd. Eurocode 3 zahteva uporabo duktilnih jekel, ki so opredeljena kot: -fu/fy > 1,2

-porušni relastivni raztezek ne sme biti manjši od 15%

-relativni raztezek, ki pripada meji trdnosti mora biti 20x večji kot tisti, ki pripada meji plastičnosti.

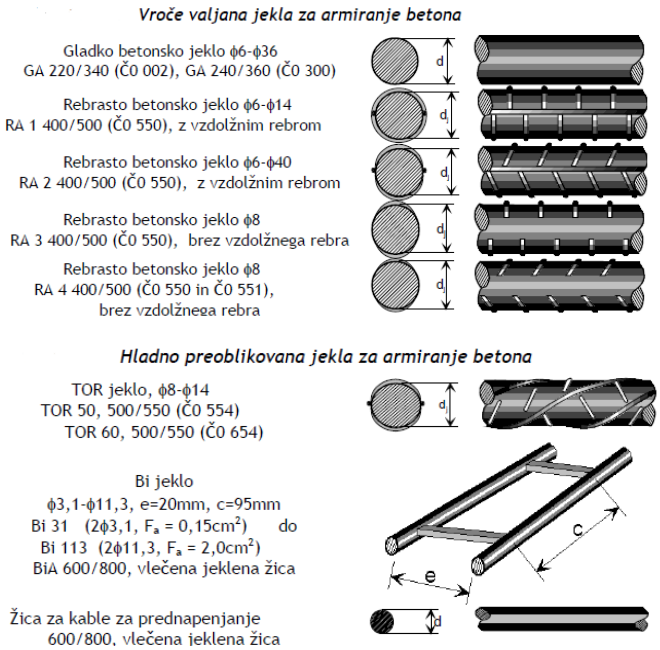
Konstrukcijsko jeklo mora imeti tudi dovolj veliko lomno žilavost, tako da pri najnižji temperaturi n obratovanje v življenjski dobi ne pride do krhkega loma. Pri projektiranju jeklenih konstrukcij se upoštevajo tudi naslednje konstantne lastnosti jekel: - modul elasti□nosti E = 210 000 MPa,

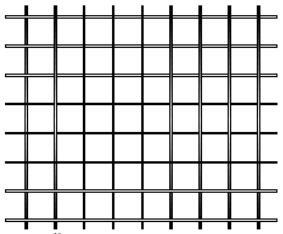
- strižni modul G = E / 2(1+v) □ 80 770 MPa,
- Poissonov količnik □v = 0,3 ,
- specifični toplotni raztezek □α= 1,2 10-5 /˚C in
- gostota □ = 7850 kg/m3.

Betonska jekla:

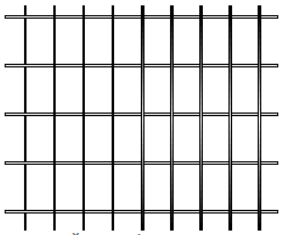
Stari predpisi za projektiranje betona in prednapetega betona:

Velika količina jekla se uporabi za armiranje betona. To jeklo se v obliki palic krožnega prereza, ki se izdelujejo z vročim valjanjem in včasih nadaljnjim hladnim oblikovanjem vgradi v beton. Seveda mora imeti jeklo ustrezno duktilnost in žilavost, pogosto pa mora biti ustrezno tudi za varjanje. Z vročim valjanjem se proizvajajo gladke in rebraste palice, z naknadnim hladnim pa spiralna TOR armatura, Bi – armatura, palice za varjenje mreže in visokovredne žice za napenjanje.





Q mreža, nosilna v obeh smereh, (armatura plošč) okenca 100 mm ali 150 mm, Q 131 (F_a=1,31 cm^2/m) do Q 1130 (F_a=11,30 cm^2/m)



R mreža, nosilna v eno smer (armatura plošč) okenca 100 mm ali 150 mm v nosilni smeri in 250 mm v nenosilni smeri R 131 do R 1130 Rx mreža, nosilna v eno smer (armatura sten) Rx 283, Rx 335

Korozija železovih kovin:

Železove kovine so zelo občutljiv na oksidacijo, saj se na zraku vežejo kisikom in zato na površini nastaja železov oksid ali rja. Niso pa občutljive samo na oksidacijo, ampak korozijo pospešijo tudi nekateri drugi elementi, ki se pojavijo kot otopine v vodi. Ker je voda tipični elektrolit predstavlja stik vode in kovine galvanski člen (ena kovina deluje kot katoda, druga kot anoda). Zaradi elektrolize pride do prehoda ionov ene kovine na drugo, zato se površina obeh spremeni – galvanska korozija.

Kovine lahko postavimo v določeno zaprednje:

MAGNEZIJ - *ALUMINIJ* - CINK - *ŽELEZO* - JEKLO - *LITO ŽELEZO* - SVINEC -

MEDENINA* - BAKER - *BRON* - NIKELJ - *NERJAVEČE JEKLO* - SREBRO - *GRAFIT

Bolj kot so kovine v nizu narazen, višji medsebojni galvanski potencial imata, zato bolj korodirata. V nekaterih primerih lahko to s pridom izkoriščamo, npr medenina in bron vsebujeta baker, ki reagira s klorom, kisikom in žveplom in nastane plast, ki ščiti površino pred vdorom elementov, ki povzročijo korozijo.

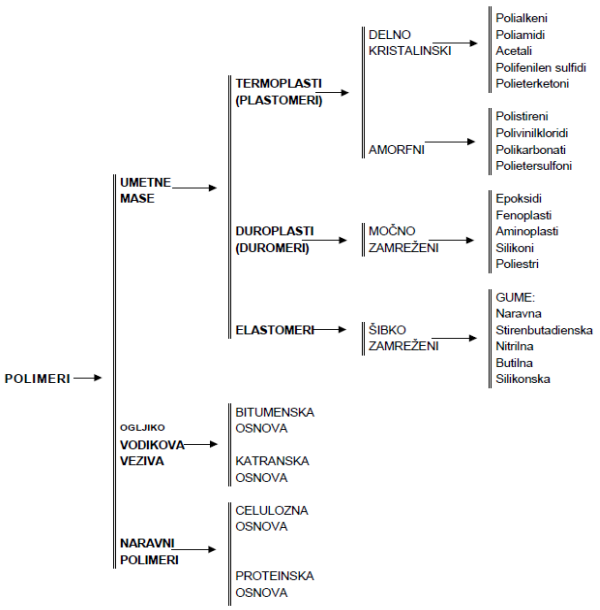
Proces korozije povišujejo mnogi dejavniki kot so: vplivi iz okolja, povišana temperatura, določeni plini, hladno preoblikovanje kovine itd. Jeklu lahko za zaščito dodamo določene legirne elemente, ki zavirajo korozijo, ali pa jih premažemo z določenimi snovmi.

POLIMERI

Polimeri so snovi, katerih značilnost je, da tvorijo nitaste molekule, v katerih so atomi povezani z močnimi kovalentnimi vezmi. Najbolj uporabni so tisti, ki so sestavljeni iz ogljikovih atomov, sicer pa jih delimo v dve veliki skupini:

-*Termoplasti*: So snovi pri katerih so nitaste molekule nepovezane ali pa so povezane s šibkimi Van der Vaalsovimi vezmi. Zato se ob razmeroma nizki temperaturi mehčajo in se po ohladitvi takoj strdijo, kar lahko večkrat ponovimo brez vpliva na ostale lastnosti. Včasih tudi kristalizirajo.

-*Duroplasti:* Pri duroplastih so nitaste molekule povezane navzkriž z močnimi kovalentnimi vezmi, tako da jih ne moremo toplotno preoblikovati brez, da bi vplivali na druge lastnosti polimera. Razlikujejo se po gostoti zamreženosti.



Termoplasti ali plastomeri:

So večja skupina kot duroplasti. Najpogosteje uporabljena sta polietilen (PE)- pri polimerizaciji se nitaste verige lahko razvejajo in tako pride do kristalizacije, ločimo jih po gostoti razvejanja oziroma pa gostoti same snovi, in polipropilen (PP). Spadata v najobširnejšo skupino *polialkenov*. Vrste:

-*Poliamidi(najloni):* Ti lahko tvorijo vodikove vezi med molekulami, kar ustvarja visoko stopnjo kristalizacije, slabost pa je da vpijajo vodo in tako se jim povečuje prostornina in zmanjšuje togost

-*Acetali:* So visokokristalski, imajo visoko trdnost in togost, uporabljajo se za različne posode.

-*Polistireni:* So drugi najbolj razširjeni in so značilno amorfni. Uporabljajo se v obliki pene v raznih kompozitih. Največkrat se uporabljajo za zvočno izolacijo ali za dušenje udarcev.

-*Polivinikloridi (PVC):* So izredno uporabni in različnih lastnosti. V nemodificirani obliki imajo nizek odstotek kristalizacije. Lahko se uporabljajo kot plastifikatorji, ker lahko imajo temperaturo steklastega prehoda pod sobno temperaturo. Zato jih uporabljamo za impregnacijo tkanin, usna, za izdelavo obutve in podobnih izdelkov za široko uporabo.

Duroplasti ali duromeri:

Močno zamreženi duroplasti: So trdi, krhki polimeri, ki so odporni na temperaturo in lezenje:

-*Epoksidi:* So najbolj znani duromeri in se uporabljajo kot lepila in matrični material v kompozitih, zaradi cene jih nadomeščajo poliestri.

-*Fenoplasti:* So najstarejši in so v vsakdanji rabi. Uporabljajo se za izdelavo elektroistalacij in obložne laminate.

-*Silikoni:* So delno organski, saj osnovno verigo tvorijo kremenove molekule, stransko pa organske spojine. Lahko so tekočine, elastomeri ali termoplasti, trdni so odporni na toploto, vodo in mnoge kemikalije.

Šibko zamreženi duroplasti: Večinoma so pri sobni temperaturi elastomeri (temperatura steklastega prehoda). Ko se raztegnejo se verige poravnajo, tako nastane kristalizacija in material dobi na trdnosti, temu pravimo tudi samoutrditev ali napetostna kristalizacija.

-*Naravne gume:* So zelo uporabne, z vulkanizacijo se povišajo tehnične lastnosti

-*Umetne gume:* So podobne naravnih, lahko jim uravnavamo lastnosti

-*Silikonske gume:* So najbolj stabilne in odporne na kemikalije. So inertne, zato se uporabljajo v medicini za vsadke, ker ne povzročijo imunske reakcije tkiva.

Naravni polimeri:

Večinoma imajo vlaknasto strukturo in so sestavni del naravnih kompozitnih materialov (les).

UMETNE MASE

Polimere največkrat označujemo kot umetne mase. So dokaj sodobni materiali, ki imajo visoko raznolikost lastnosti, zato imajo zelo široko uporabo. V graditeljstvo se uporabljajo za razne cevi, obloge, lepila, kite, krovne materiale in toplotne izolatorje, manj pa v samih konstrukcijskih materialih. Lahko jih vplivamo v kalupe, vbrizgavamo v kalupe skozi šobe, iztiskamo, stiskamo, predemo in tkemo,.. Najpogosteje se uporabljajo v obliki matrice v kompozitnih materialih, saj je njihova raba tako bolj ekonomična in tehnično primernejša. Lahko jih tudi dodajamo keramičnim materialom, tako da služijo v obliki armature v armirani betonski masi.

So organske spojine iz 100 000 in več monomerov (2-30 C atomov). Ti so povezani v verige, ki pa so med seboj lahko nepovezane, povezane s šibkimi Van der Vaalsovimi vezmi ali pa močno povezane s prepletanjem.

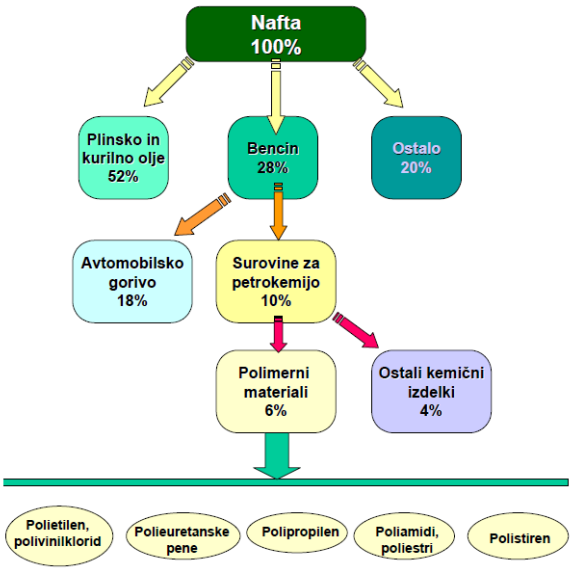
Po nastanku jih ločimo v 3 skupine:

-Naravne makromolekulske snovi (celuloza, škrob, proteini, kavčuk)

-Polisintetične makromolekulske snovi, ki jih dobimo iz naravnih s kemično predelavo (viskoza)

-Sintetične makromolekulske snovi, ki jih dobimo s polimerizacijo ipd.

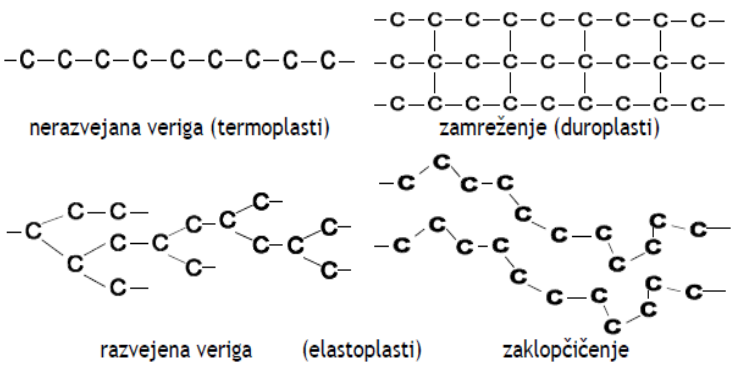
Umetne mase se lahko pripravijo s kemično predelavo naravnih polimerov ali kemično sintezo – polimerizacijo. Ena izmed osnovnih surovin za pridobivanje vrste različnih polimerov je nafta. Uporabljajo se tudi razni plini in premog.

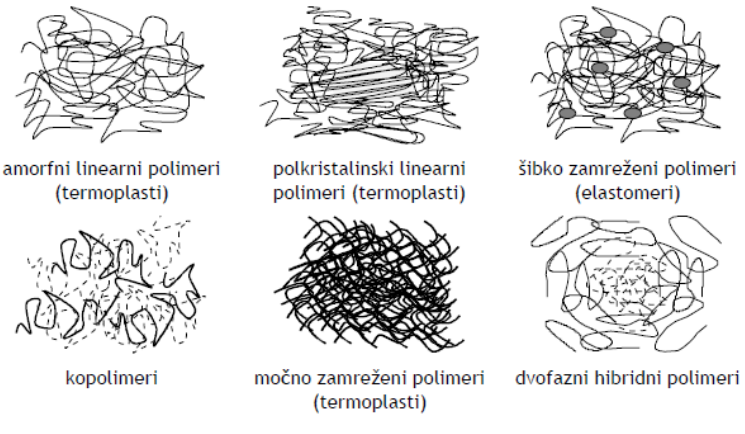


Polimerizacija:

Je proces pri katerem se posamezni gradniki-monomeri s kemično reakcijo povežejo v polimer, ki obstaja v stanju z nižjo prosto energijo kot posamezni monomer. Včasih je za to potrebna tudi zunanja energija, ki sproži ta proces in izhaja iz neposrednega toplotnega vira, UV svetlobe ali pa eksotermne kemične reakcije. Včasih pa do polimerizacije pride že v naravne okolju, na primer iz terpenov v eteričnih oljih nastane smolasta polimerna masa (pod vplivom UV). Včasih se da proces polimerizacije tudi pospešiti s katalizatorji , vplivati se da tudi na dolžino polimer in posledično na lastnosti. Pri izdelavi gum je na primer pomembno, da verige niso predolge, saj je tako material bolj prijazen za obdelavo – je manj tog.

Zato se tudi glede na svojo sestavo delijo in imajo izvirajoče lastnosti. Delijo se na termoplaste in duroplaste. Posebna vrsta duroplastov so elastoplasti, ki so zelo elastični in se po preoblikovanju povrnejo v prvotno obliko. Ker so verige prepletene v klobčiče je omogočena visoka elastična deformacija. Ko je tak material segret nad temperaturo steklastega prehoda (T_g) ima sposobnost »plastičnega spomina«, kar pomeni, da se po razbremenitvi verige lahko povrnejo v prvotno obliko. Na sliki so prikazane vrste molekul nastalih s polimerizacijo. Desno pa so prikazane različne verige.





Polimerna mreža lahko nastane:

-Iz predhodno formiranih linearnih verig v dvostopenjski polimerizaciji ali z žarčenjem

-Z nastajanjem razvejanih verig in mrež že pri osnovni polimerizaciji (smole)

Lastnosti polimerov se lahko zato uravnavajo in spreminjajo z vključevanjem sekundarnih mrežnih sklopov in tako nastajajo *kopolimeri*. Druga skupina *hibridnih* polimerov pa so tisti, ki vsebujejo dodatne (legirne) materiale in tako nastajajo legirne zlitine. Temu procesu pravimo hibridizacija in je pomembna zaradi ustvarjanja novih materialov uporabnih v različnih tehničnih področjih. Polimerne zlitine tako nastajajo s kombinacijo dveh sorodnih ali kompatibilnih polimerov in z dodajanjem tretjega polimera v obliki ločene, razpršene faze.

Polimeri, ki imajo enostavno in pravilno molekularno zgradbo lahko v trdnem stanju tovrijo kristale. To se zgodi v območjih, kjer so verige urejeno izravnane in so tam polimeri gostejši, medsebojne vezi pa so okrepljene. Delež takšnih območij znaša od 50% (LDPE) pa do 90% (HDPE). Kristalna območja rastejo med prehodom iz zmehčanega v trdno stanje v približno kroglasto obliko od središča navzven. Lastnosti teh območij je odvisna od poteka ohlajevanja, so pa takšni polkristalski polimeri zelo pomembni v graditeljstvu, ker se uporabljajo kot vlakna za različne namene. Polimeri se vlečejo v vlakna v katerih se kroglasta kristalinska območja oblikujejo orientirane izravnane odseke vlaken. Prvotne kemične vezi ležijo vzdolž osi vlaken kar povečuje njihovo trdnost in model elastičnosti v vzdolžni smeri.

Lastnosti termoplastov so zelo odvisne od temperature. Ker povezave veri v vozliščih niso kemične ampak fizikalne je pri sobni temperaturi termoplast tog in krhek kot duroplast, pri višanju temperature pa pride do termalnega gibanja molekul in verige se sprostijo in premikajo, ko se material obremeni, modul elastičnosti se zmanjša in material »teče«. Za material obstaja tudi določena temperatura steklastega prehoda, pri kateri lahko nastane večje premikanje molekul, materialu pa se spremenijo tudi nekatere lastnosti. Z rastjo temperature postaja material vedno bolj podajen in prehaja v viskozno talino.

Pri delno kristalinskih polimerih posamezne verige prehajajo med amorfnim in kristalinskim območjem, zato kristaliti delujejo kot povezave v amorfni matrici in povečujejo togost, upoštevati pa moramo, da sile med verigami niso močne, zato so tudi temperature zmehčanja nizke.

Na sliki vidimo pregled osnovnih polimerov.

Skupina	Naziv	Okrajšava
Termoplasti	Polistiren	PS
	Akril	PMMA
	Polietilen nizke gostote	LDPE
	Polietilen visoke gostote	HDPE
	Poliester (polietilentereftalat)	PETP
	Polipropilen	PP
	Poliamid (najlon)	PA
	Polikarbonat	PC
	Polivinilklorid	PVC
	Poliacetal	POM
	Politetrafluoroetilen	PTFE
Duroplasti	Epoksi	EP
	Melamin formaldehid	MF
	Urea formaldehid	UF
	Nenasičeni poliester	UP
	Fenoplast	PF
	Alkid	-
	Poliuretan	PUR
Elastoplasti	Naravni kavčuk	NR
	Stiren-butadienska guma	SBR
	Polibutadien	BR
	Butilna guma	BUTYL
	Polikloropren	CR
	Umetni polisopren	IR
	Nitril	NBR
	Silikonska guma	-

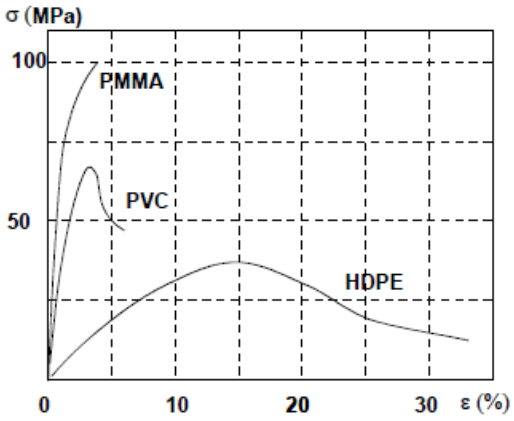
Tehnične lastnosti umetnih mas:

Gostota: Ker so umetne mase iz lahkih elementov, so njihove gostote sorazmeroma majhne in znašajo nekje med 830 kg/m^3 (najlažja) in 2150 kg/m^3 (najtežja).

Toplotne lastnosti: Umetne mase imajo ozke razpone toplotne prevodnosti in specifilne toplotne kapacitivnosti. V penastih polimerih ima toplotna prevodnost zelo nizke vrednosti, zato se uporabljajo za izolativne namene. Po drugi strani pa imajo polimere izjemno velik koeficient toplotne razteznosti, ki je za okoli 10x večji kot tisti pri kovinah in keramikah.

Mehanske lastnosti:

Mehanske lastnosti različnih umetnih mas so različne in so pogojene z njihovo sestavo in se spreminjajo že z majhnimi spremembami temperatur. Nekateri, npr amorfni termoplasti in nearmirani duroplasti imajo visoko trdnost in trdoto, sicer pa so krhki in togi ter se lomijo že pri nizkih defromacijah. Pri višjih temperaturah se polimeri močno deformirajo in lezejo pri določeni obtežbi in postanejo viskozni. Na diagramu imamo prikazan napetostni diagram treh značilnih polimerov.



- *Kristalni polimeri:* So žilavi, trdni, imajo manjši modul elastičnosti in so občutljivi na tečenje in tudi dinamične obremenitve. Pri nizkih temperaturah so dokaj togi in krhki, z višanjem temperature pa se modul elastičnosti manjša.
- *Elastoplasti:* Imajo nizke module elastičnosti in strižne module ter prenesejo zelo velike specifične deformacije (do 500%), pri čemer pa so se celo zmožni povrniti v prvotno stanje. So odporni na tečenje, z višanjem temperature pa se elastični odziv zmanjšuje.

Mehanske lastnosti so odvisne od načina obremenjevanja, saj se dobre lastnosti prikažejo pri počasnem obremenjevanju, pri hitrem pa so deformacije nepovratne, material pa je izrazito tog in krhek.

Zelo značilna lastnost za polimere je velik vpliv tečenja. Polimeri namreč slabo prenašajo dolgotrajne obremenitve in se pri njih močno deformirajo, kar pa se posebej izrazito opazi pri višjih temperaturah. Značilna pa je tudi relaksacija, ki pomeni, da se pri deformaciji prvotno delujoča notranja sila s časoma relativno hitro zmanjšuje.

Značilna lastnost za polimere je tudi zelo visoka raznolikost koeficientov trenja. Poznamo takšne z izjemno majhnim koeficientom (0.03) pa tudi takšne z izjemno visokim (3). Takpni z izjemno nizkim so zelo odporni na obrebo in se uporabljajo za izdelavo cevi skozi katere se lahko transportirajo tudi ostri materiali.

Trajnost:

Trajnost je odvisna od kombinacije in trajanja vplivov – agensov (sončna svetloba, toplota, ksiik, ozon, voda,..), kot je to prikazano v preglednici. Lnost Ti povzročitelji propadanja pa se seveda razlikujejo med različnimi masami.

Povzročitelji propadanja umetnih mas	*Način propadanja*
kisik pri srednje visokih temperaturah	*termalna oksidacija*
kisik pri visokih temperaturah	*zgorevanje*
kisik + ultravijolično sevanje	*fotooksidacija*
voda	*hidroliza*
sama toplota	*piroliza*
ionizirajoče sevanje	*radioliza*
mikroorganizmi	*biodegradacija*
atmosferski kisik + voda + sončna svetloba	*atmosferska degradacija*

Fotooksidacija in termalna oksidacija: Z reagiranjem polimerov s kisikom se trgajo polimerne verige, nastajajo oksodirani fragmenti, ki pa so topni v vodi, ki povzroča erozijske poškodbe. Zato polimerne barve izgubljajo na lesku, zaščitni vrednosti in postanejo površinsko praškaste.

Biodegradicija: Zaradi delovanja organskih snovi se bistveno zmanjša duktilnost in nosilnost, polimeri postanejo krhki, razpokani. Odpornost npr polietena je višja, če so verige daljše.

Korozija: Polimeri so odporni na propadanje zaradi snovi, ki povzročijo korozijo na kovinah in keramikah zato se uporablajajo za različne zaščite. So odporni tudi na različne kisline, luge in vodne otopine soli. Lastnosti kompozita se zmanjšajo če do vlaken pride vlaga.

Piroliza: Zaradi pirolize toplota povzroča nepovratne poškodbe že pri 200-300°C saj ta ustvarja male molekularne fragmente z organskimi pari, ki se ob takšnih temperaturah vžgejo. Pri gorenju pa se sproščajo še škodljive snovi. Zato, da zmanjšamo nevarnost vžiga, dodajamo zaviralce.

Biodegredacija: Polimeri so večinoma odporni na bakterije in glivice, izjema pa so naravni polimeri kot so celuloza, naravne gume in olja. Sicer pa polimer hitreje propade zaradi drugih vplivov.

Prepustnost:
Polimeri večinoma ne prepuščajo plinov in tekočin, saj so tudi izolativni materiali in sami po sebi v obliki plasti niso proozni. Ozjemoma bi lahko bile prepustne določene tanjše prevleke, saj je prepustnost odvisna tudi od debeline. Poznamo pa polimerne membrane, ki so namenjene za drenažo in stabilizacijo zemljin. Te pa so prepustne, saj so narejene iz polimernih tkanin.

Oblikovanje umetnih mas:

Nezasičeni poliestri: Iz nezasičenih polieststerskih smol se izdelujejo kompoziti, ki se armirajo s steklenimi vlakni Poleg steklenih vlaken so potrebne še 3 komponente: nenasičena poliesterska smola, agens in katalizator. Poliesterska smole se stopi v agensu, anto pa se doda katalizator. Tako poteče kontrolirana polimerizacija in nitaste molekule se zamrežijo v čvrsto povezano mrežo. To se lahko pospeši s toploto ali kobaltovo soljo.

Sušenje alkidnih premazov: Premaz za zaščito pred korozijo lahko dosežemo s kopolimerizacijo rastlinskih olj in organskih esterje. S polimerizacijo nastanejo razvejane molekule poliesterskim smol – alkidov. Te snovi tvorijo prevleko na površini in se pretvorijo v trden film ob stiku s kisikom iz zraka. Proces se lahko pospeši z dodajanjem majhnih količin kobalta.

Impregnacija betona s polimeri: S polimerizacijo otrdelega betona se doseže mnogo manjša prepustnost, nekoliko pa se poviša tudi trdnost. Najbolj primeren za to je metilmatakrilat, ki ima nizko viskoznost in zlahka prodira v beton ter ga polimerizira (s pomočjo žarčenja ali kemičnega incikatorja nastane ionizirajoče sevanje s pomočjo katerega se začno verige širiti znotraj por v betonu).

Dodatki: So namenjeni za izboljšanje posameznih ali večih lastnosti.

-Polnila: So finozrnati keramični materiali, ki povišajo modul elastičnosti, trdoto, trajnost, odpornost na obrabo in cene. Lahko pa tudi zmanjšajo natezno ali udarno trdnost, zato moramo biti pri dodatkih pazljivi. Na enak način pa se dodajajo tudi pigmenti in barvila.

-Plastifikatorji: So organske snovi, ki se dodajajo polimerom (večinoma PVC) zaradi zmehčanja in povečanja njihove gibkosti.

-Stabilizatorji: So organske snovi, ki se pripravijo za vsak posamezni polimer in omejijo vpliv toplotne in svetlobne oksidacije, kar poveča odpornost in trajnost.

-*Zaviralci gorenja:* So anorganske ali organske snovi, ki dušijo reakcije, ki povzročajo plamen.

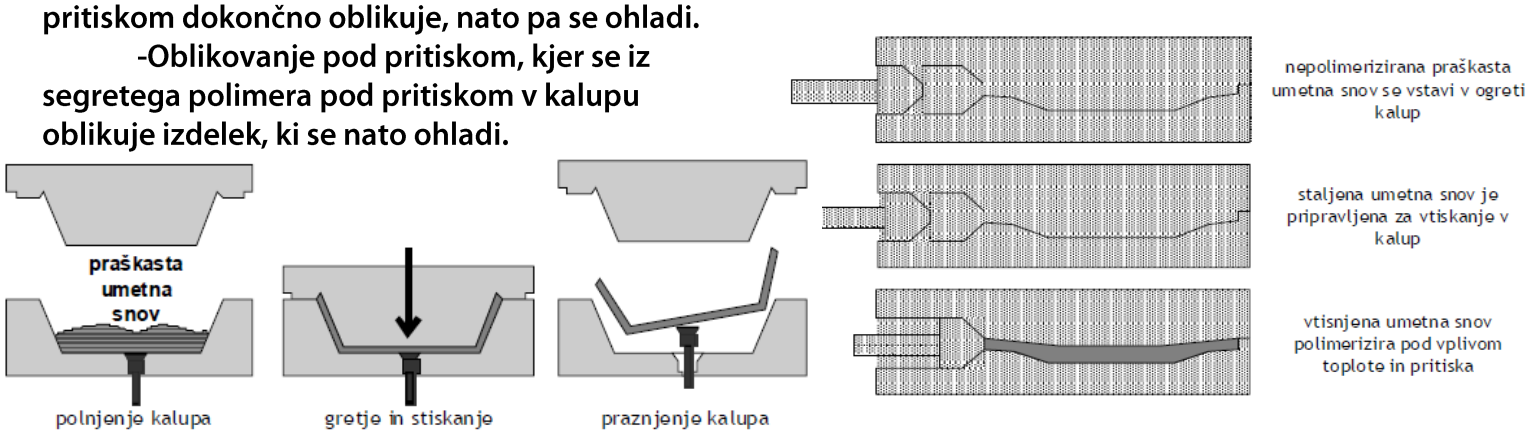
Osnovni postopki za izdelavo elementov iz umetnih mas

Izdelki iz termoplastov se večinoma oblikujejo z iztiskanjem, injektiranjem, vpihavanjem in centrifugiranjem v kalupih, neojačane duroplasti pa se običajno oblikujejo v kalupih.

Oblikovanje v kalupih:
Uporabljajo se različne metode:

-Oblikovanje z vtiskanjem v kalupe kjer se s pritiskom doseže tečenje polimera v kalup, tam se s pritiskom dokončno oblikuje, nato pa se ohladi.

-Oblikovanje pod pritiskom, kjer se iz segretega polimera pod pritiskom v kalupu oblikuje izdelek, ki se nato ohladi.

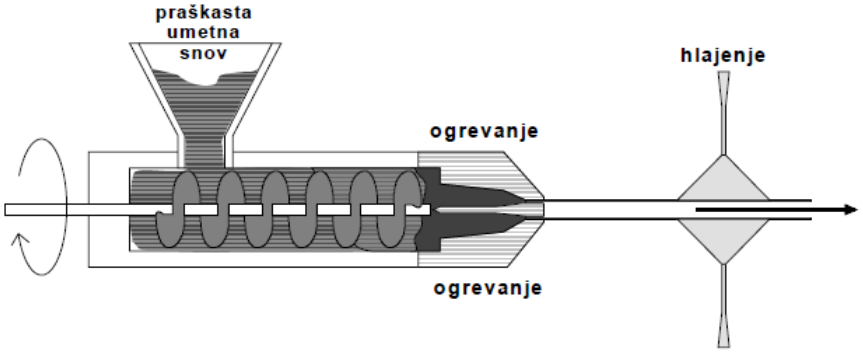


-Oblikovanje s pritiskom zraka, kjer se votli izdelki vpihujejo podobno kot pri steklarstvu, na tak način se hitro proizvede veliko enakih izdelkov.

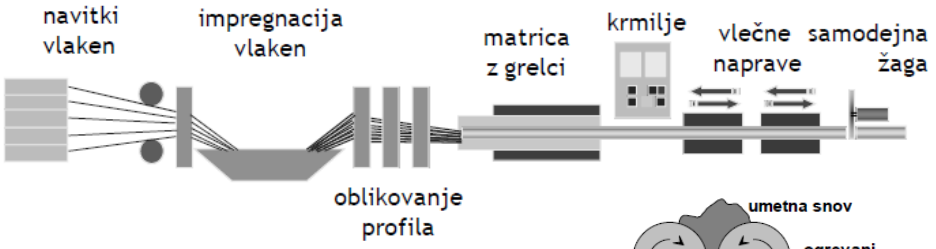


-Oblikovanje z injiciranjem v kalup, kjer se polimer pod visokim pritiskom vbrizga v kalup (hitra proizvodnja).

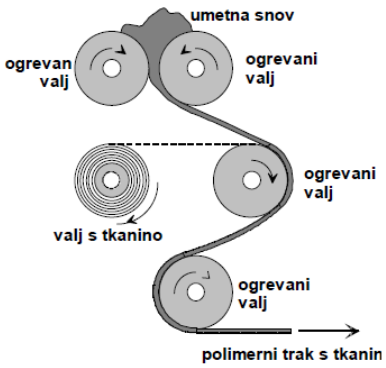
Iztiskanje ali ekstruzija:
Polimeri se s pomočjo vijačnega polža iztiskajo skozi ustbik določene oblike. Ko pride na prosto se malce razširi in poveča obseg. Debelejši ploščati trakoi se izdelujejo z ustnikom v obliki dolge horizontalne reže, tisti bolj tanki pa pa skozi režo navpično preko hladilnih valjev. Drugi način izdelovanja folije pa je z napihovanjem. S tem postopkom se lahko izdelujejo tudi kompoziti iz več kompatibilnih polimerov tako, da se končni izdelek naredi s koekstruzijo. Pri koekstruziji se več polžev združi v enem ustniku.



Vlečenje ali pultruzija:
Pri tem postopku se ohlajena polimerna vlakna kontinuirano vlečejo skozi kopel iz katalizatorske smole in nato skozi jeklene matrice. Takšni izdelek ima visoko enoosno trdnost. Z hladnim vlečenjem se izravnajo kristalinska območja, tako da se dosežejo tako visoke trdnosti, da lahko takšni polimerni trakovi ponekod zamenjajo kovine. Lahko se izdelujejo tudi večplastni kompoziti. Takšni izdelki so primerni za uporabo tudi v konstrukcijah v gradbeništvu.



Valjanje:
Z valjanjem izdelujemo trakove in folije. Zmehčani polimer valjamo med valji, kjer trak postopoma izgublja debelino. Od površine valjev je odvisna kakovost, zato lahko dobimo različen izgled, lahko pa tudi marsikaj vtisnemo na izdelek (tudi druge materiale, npr tkanine).



Vlivanje:
Umetne mase se lahko v obliki dveh komponent (smola, trdilec) vlivajo v kalupe, kjer se odvija polimerizacija. Poznamo pa tudi postopek podoben lončarstvu, kjer na vročo površino kalupa prelijemo delce polimernih zrnc. Ta se potem stopijo in po ohladitvi ohranijo obliko. Pomembno je, da so zrna enakomerno nanešena.

Toplotno vakuumsko oblikovanje:
S tem postopkom se oblikujejo termoplasti, ki se v obliki listov polagajo na vrh ogretega kalupa. Vakuumom nato prisesamo folijo na površino, polimer pa tako dobi obliko. Za debelejše izdelke moramo še povišati tlak s pomočjo zraka. Tako se izdelujejo razni opaži.

Uporaba umetnih mas v gradbeništvu:

V gradbeništvu se umetne mase uporabljajo za izdelavo konstrukcijskih elementov, veziv, polnil, premazov itd. Uporabni so v visokogradnji, pri gradnji prometnic in tudi hidrogradbenih objektih. Na področju visokogradenj se največkrat uporabljajo za izdelavo elementov na področju:

- inštalacij - vodovod, plinovod, kanalizacija, drenaža, ventilacija, električni in ostali elementi,
- hidroizolacij - membrane in vodne zapore, hidroizolacijski trakovi,
- termoizolacij - obložni paneli, zapolnitve stikov s penami, izolacije cevi,
- akustičnih izolacij - izolacije pred udarci in vibracijami, absorberji zvoka,
- svetlobnih izolacij - zasloni, elementi stavbnega pohištva,
- nekonstrukcijskih elementov - predelne stene, talne, stropne in strešne plošče,
- stavbnega pohištva - okenska in vratna krila, okvirji, tečaji,
- sestojin kompozitov - modificirane malte in betoni ter leseni elementi, mikroarmatura in polimerni agregati, aditivi,
- prevlek in premazov - barve, laki, tesnila, lepila, zaš□itne prevleke pritrjene z lepili, folije, zaščita stekel pred soncem,
- ponjav in membran - pnevmatične konstrukcije, krovne konstrukcije, talne izolacije.

V cestogradnji jih uporabljamo za asfaltna in bitumenska veziva. Pomembno vlogo imajo tudi pri sanacijah, ojačitvah in vzdrževanju objektov, področja uporabe pa se vsakodnevno širijo.

Konstrukcijske umetne mase:

Za konstrukcijske namene niso primerne neojačane umetne mase, ker njihova togost in nosilnost običajno ni zadostna. Togost se poveča z rebri, ki so izdelana z vakuumiranjem ali dodana na kak drug način. Za konstrukcijske namene so veliko bolj uporabne z vlakni armirane umetne mase, s katerimi izdelujemo konstrukcijske panele v obliki sendvičev – jedro iz polimerne pene. Problem je požarna varnost. Velik del materialov z armiranimi vlakni obsegajo kompoziti pri katerih je matrica iz smol, polnilo pa iz steklenih vlaken. Ker je dobra sprijemnost, matrica varuje vlakna pred zunanjimi vpliv, tudi korozijo, hkrati pa je kompozit trden in tog. Postopek za izdelavo kompozitov je preprost. Najpreprostejši je kar ročno nanašanje matrice na steklena vlakna, možno pa je tudi z brizganjem, vlivanjem itd. Steklena vlakna se med seboj razlikujejo po dolžini, debelini in številu (enako kot armatura pri armiranem betonu). Poleg steklenih vlaken pa se uporabljajo tudi druga vlakna, dober primer so karbonska vlakna, ki pripomorejo k mehanskim lastnostim in so izredno kompatibilna s smolami.

Cevi:

Umetne mase se na veliko uporabljajo za cevi, drenaže, cevovode za plin, industrijske odplake itd. Najpogosteje uporabljamo termoplaste . Če uporabljamo duroplaste jih moramo armirati z različnimi vlakni, lahko pa se izdelujejo tudi iz armiranih poliesterskih malt. Cevi za bolj zahtevne namene imajo večplastno zgradbo, tako da ima vsaka plast določeno vlogo. Ceci morajo biti lahke, odporne na kemikalije, nepropustne in trajne, lahko pa jih tudi sestavljamo bodisi z varjenjem ali pa z vodotesnimi obroči oziroma s premazi iz umetnih smol. Polimeri se uporabljajo tudi za protikorozijsko zaščito na kovinskih ceveh ali za sanacijo že obstoječih cevi.

Polimerne cevi so bolj podajne od navadnih, zato moramo to upoštevati pri namenih in tudi pri konstruiranju in dimenzioniranju. Največkrat se poškodujejo na stikih, poznamo pa tudi primere, ko poškodbe nastajajo zaradi termalne oksidacije, neustrezne pripravne podlage itd.

Membrane:

So pogosto uporabljene v gradnji. Uporabljajo se za preprečevanje kapilarnega pretoka vode v zidovih in ploščah. Folije so namreč neprepustne, zato se uporabljajo tudi za hidroizolacijo rezervoarjev, kanalov, komunalnih deponij, strešnih konstrukcij – povsod, kjer se zahteva trajna nepropustnost, fleksibilnost in ustrezna trdnost.

Zelo razširjena je tudi uporaba v geotehniki, kjer ločujemo različne vrste zemljin, jih shranjujemo, uporabljajo se kot stabilizatorji, izdelujejo se tudi tkanine, ki služijo za drenaže, ločevanje nosilnega sloja in gramozne posteljice v cestogradnji in pri železniških prograh.

Najpogosteje se med termoplasti uporablja PVC, saj je odporen na mehanske vplive. Če je membrana znotraj zemlje jo lahko uničijo le mehanski vplivi (odpornost na bakterije in glivice), če pa je zunaj pa so še vremenski vplivi, vpliv toplote in svetlobe, zato morajo biti ojačane ali pa kompozitno zgrajene.

Nepropustne membrane se izdeluje z iztiskavanjem, vpihavanjem in valjanjem. Lahko so večplastne ali pa ojačane z različnimi vlakni. Propustne pa po navadi sestavljajo polimeri v obliki vlaken, ki se pletejo v različne tkanine, ki imajo visoko nosilnost v smeri vlaken. Pletejo se tudi v mreže z velikimi okni ali pa v mrežaste strukture, ki so zvarjene na vozliščih – v takšni obliki se uporablja za ojačitev oblog pri visokogradnji (fasade, gips plošče,..) in vse do utrditve zemljišč v cestogradnji.

Polimerne ponjave:

So primerne za stalno ali začasno pokrivanje velikih prostorov na odprtem in za šotoraste ali pnevmatske konstrukcije. Močne ponjave so narejene iz PTFE in tkanin iz steklenih vlaken, takšne lahko zdržijo tudi 20 let. Uporablja se tudi PVC, ki ima pa malo slabše lastnosti. Nosilno osnovo trajnih ponjav tvorijo steklena vlakna, ki jih je po 200 v enem sukanu. Ta so tkana na različne načine, trddnost pa je odvisna ravno od izbire materiala in od načina tkanja. Obremenitve takšnih vlaken znašajo tudi do 140MPa (15% natezne trdnosti). Osnovna tkanina, ki je iz anorganskega stekla pa tudi ščiti ponjavo pred požari.

Premazi:

Polimeri večinoma niso topni v vodi, zato se jim doda organska topila, da se jih lahko nanaša na različne materiale z namenom pigmentiranja ali zaščite. Vse te snovi so vnetljive, zato je potrebna skrbna uporaba, mnogi premazi pa se zato izdelujejo kot emulzije v vodi, ki pa niso vnetljive. Ena izmed razširjenih emulzij je latex, ki se uporablja za površinske zaščite kot sestavni del mnogih lepil in kot modifikator keramičnih materialov iz portland cementa.

Polimerni premazi ščitijo keramična in kovinska gradiva pred vplivi iz okolja. Pred korozijo največkrat ščitijo alkidni premazi na osnovi naravnih olj, epoksidni premazi in barve na osnovi klorirane gume. Vsi barvasti premazi so mešanice polimernega veziva in trdnih delcev –pigmenta. Ta deluje kot polnilo, torej izboljša mehanske lastnosti premazov. Posledično pigmenti delujejo kot zaščita materialov pred fotooksidacijo, obrabo, hkrati pa tudi preprečujejo korozijo.

Lepila:

V gradbeništvu poznamo več tisoč vrst polimernih lepil. Najpogostejša so lepila na osnovi epoksidnih smol in lepila primerna za les ter gradiva lesnega porekla. Pri izbiri je potrebno poznati namen, saj je od njega odvisno kakšen stik potrebujemo. Zavedati se moramo, da ne obstaja univerzalno lepilo. Upoštevati je potrebno lastnosti osnovnih materialov in vlive med njimi. Zna se zgoditi, da lepilo deluje kot topilo in negativno deluje na osnovni material, lahko pa pride tudi do pospeševanja korozije.

Epoksidna lepila se lahko na različne načine zmeša, kar je odvisno od namena in lastnosti strjevanja, čas negovanja itd. Dobavljajo se v dveh ločenih komponentah – prepolimer in katalizator. Določeni se lahko vmešajo v cementno malto, ker so kompatibilni s portland cementom.

Večino lepil sodi med duroplaste (fenolne smole), uporabljajo pa se tudi PVAC lepila povsod tam, kjer se zahteva odpornost na vplive vode.

Polimerni in s polimeri modificiran beton:

Namen polimerov je modifikacija le tega. Izboljšujejo se mu predvsem mehanske lastnosti, zmanjšuje se vodoprepustnost, poroznost, kar vpliva na trajnost. Uporablja se tudi po strjevanju, ali pa med pri polimer cementnih betonih, kjer sodelujejo v procesu hidratizacije.

S polimeri impregnirani betoni imajo boljše lastnosti, saj se s polimerom zapolnijo pore, sam postopek pa je zahtevnejši, zato še niso v široki uporabi. Vplivajo tudi na trdnost in na konsistenco in sprijemnost z otrdelim betonom. Primerni so za gradnjo pod vodo in za sanacijo starih betonov + poškodb.

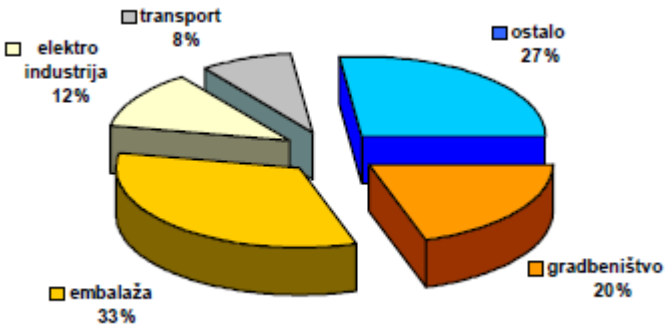
Betonom se dodajajo tudi v obliki mikrovlaken, tako da jim zvišujejo žilavost, lahko pa se jih doda tudi v obliki superplastifikatorjev za lažjo vgradnjo.

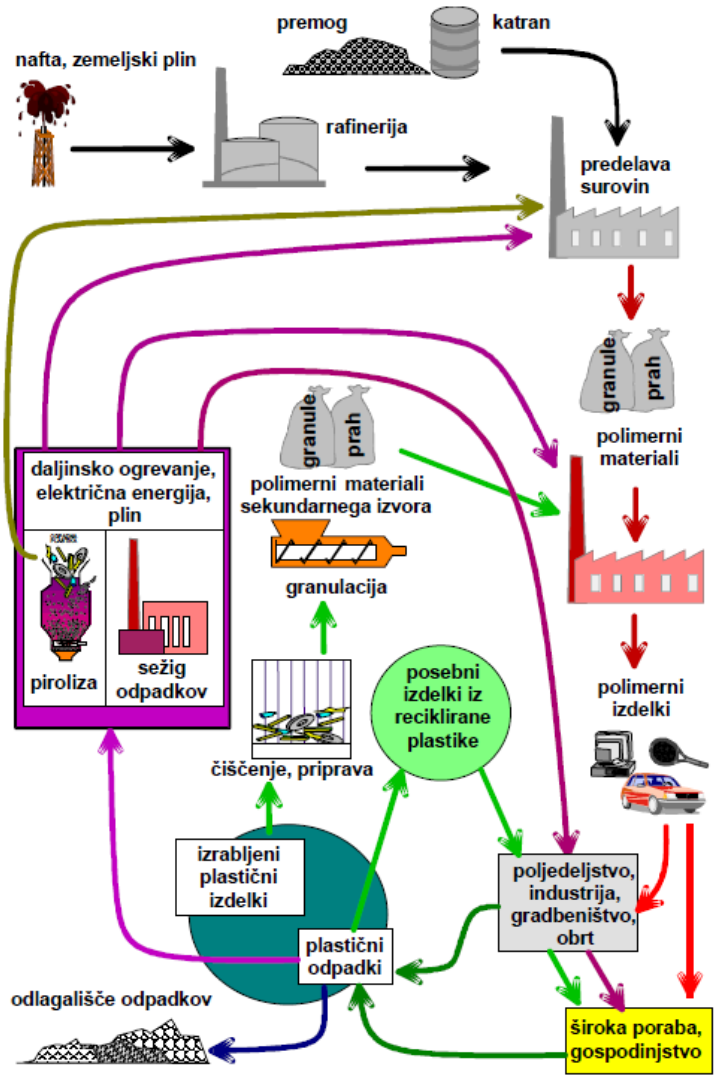
Polimerne pene in celičasti izdelki:

Z votličastimi strukturami lahko dobimo tako toge kot podajne izdelke. Ponavadi jih srečamo v obliki kompozitov v katerih je dodan zrak ali kak drugi plin. Zrak se dodaja z mešanjem v tekoč polimer, tako dobimo plinaste mehurčke, ki so največkrat v materialu, ki kasneje služi za razne izolacije. Uporabljajo pa se tudi za različna oblazinjenja. Celičasti polmeri imajo izjemne toplotno izolativne lastnosti in nizko gostoto.

Recikliranje izdelkov in odpadkov iz umetnih mas:

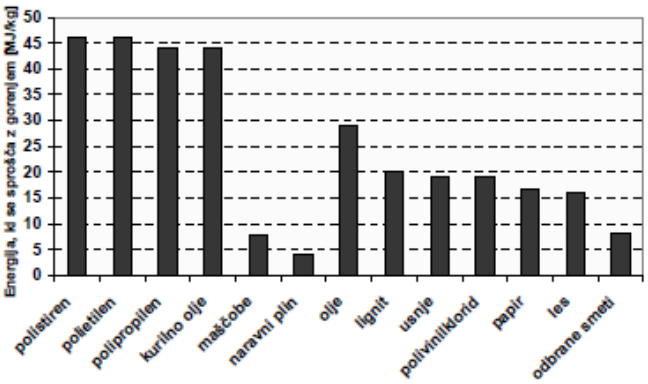
Veliko plastičnih odpadkov se da ponovno povrniti z različnimi postopki reciklaže. Večina plastičnih izdelkov ima uporabno dobo nad 8 let, nekatera imajo med 1-8, malo pa je takšnih, ki imajo 1 leto. Ker se pri izdelavi polimerov iz primernih surovin srečamo s pomanjkanjem surovin, onesnaževanjem okolja in problemi z energijo je izdelke, ki so v nekem stanju zaključili svoj namen, dobro uporabiti za kaj drugega, saj gre tu tudi za problem razgradnje, ki je pri takšnih materialih izjemno visoka. Zato pri izdelavi že vnaprej razmišljamo o tem, kako bomo izdelek uporabili, ko mu bo pretekel čas primarne uporabe. Imamo dve možnosti. Lahko jih sežgemo in pridobivamo energijo – piroliza, lahko pa jih preoblikujemo v nek drug izdelek.





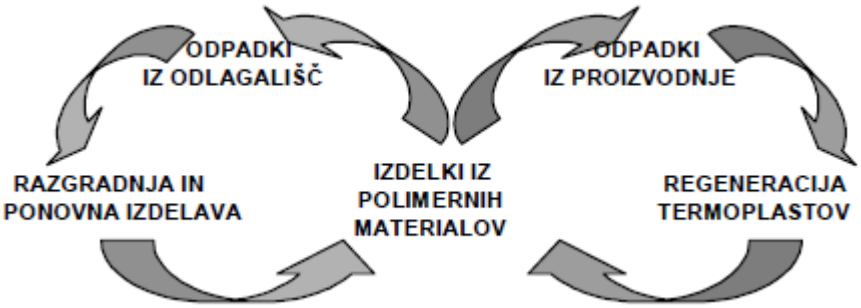
Pridobivanje energije iz polimernih odpadkov

Ker je med prebranimi smetmi kar 15% plastike, razvitejše države to s pridobim izkoriščajo, nekateri izmed teh materialov imajo visoko energijsko vrednost (5smeti =4 kurilnega olja). Ker pa je kar polovico vseh snovi, ki se izločajo škodljivih, je potrebno imeti primerne naprave za izločanje škodljivih snovi in plinov. Na diagramu je primerjava energije, ki se sprošča pri gorenju različnih snovi.



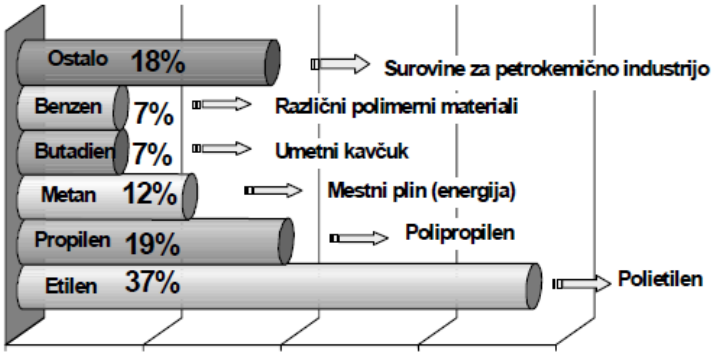
Vračanje umetnih mas v življenjski krog

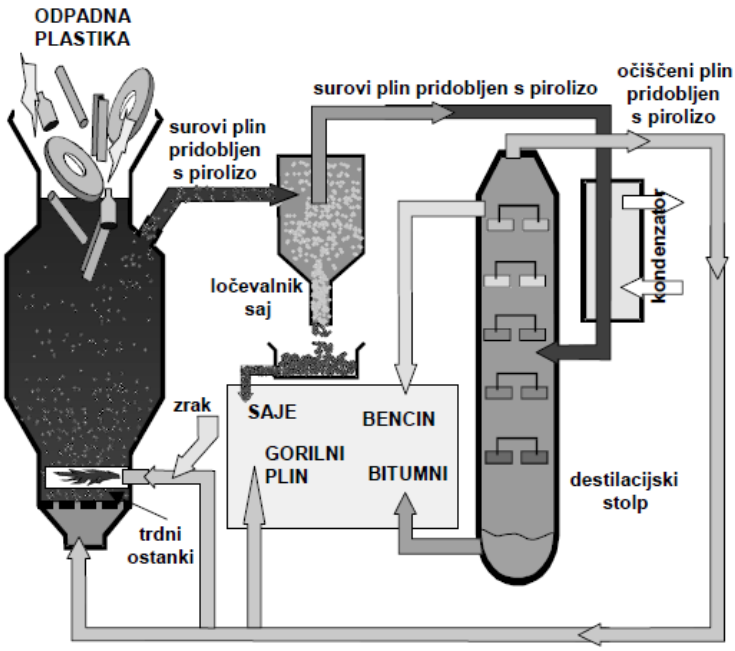
Reintegracija odpadkov v materiale, ki se lahko vključijo v nov življenjski krog obsega mnogo zahtevnih tehnoloških postopkov. Najprej je potrebno izdelke ločiti, jih očistiti, reciklaža pa je že sama po sebi neekonomična, saj se nov izdelek prodaja po nižji ceni kot sicer, vendar pa moramo upoštevati tudi ekološki vidik, saj imajo odpadki veliko prostornino, čas razgradnje pa je prevelik. Na shemi desni krog predstavlja tradicionalno reciklažo. Ker je v odpadkih še vedno mnogo lesa, papirja in drugih snovi se najprej segreje na 140-180°C, tako dobljena pasta pa se nato iztiska in dobimo različne izdelke. Levi krog pa prikazuje sodobnejše postopke reciklaže, kjer se polimeri razgrajujejo na osnovne kemične spojine, iz katerih nato ponovno sestavijo materiale. Značilna takšna postopka sta hidroliza in piroliza.



Hidroliza: Je postopek, pri katerem se s pomočjo vodne pare pod visokim tlakom in z visoko temperaturo razgrajujejo polimeri na osnovne komponente. Primerna je za razgradnjo pen, ki se nato ponovno proizvajajo iz pridobljenih komponent.

Piroliza: Je postopek pri katerem se polimeri na temperaturi od 400-800°C brez prisotnega kisika razgrajujejo na komponente. Tako se poleg tega dobi še mnogo čistega gorilnega plina, ki se pomešan z zemeljskim plinom uporablja v gospodinjstvih. Vrednost produktov pridobljenih s pirolizo presega vrednosti, ki se pridobijo s sežigom odpadkov. Ta postopek se še uvaja v prakso. V evropi imamo že obrat, ki lahko predela 10 000ton plastike na leto, ki bo pa posebej uporaben v prihodnosti, ko bodo cene nafte še mnogo višje.





Uporaba plina dobljenega s pirolizo:
1/3 recikliranega plina v procesu in 2/3 plina za široko porabo

OGLJIKOVODIKOVI MATERIALI

Ogljikovodikovi materiali sodijo med polimerna gradiva, ki se tako kot les nahajajo v obliki, ki je neposredno uporabna v graditeljstvu. V nerazvitih državah se sicer še vedno uporabljajo naravni bitumeni, medtem ko se v razvitejših uporabljajo rafinirani, ki se pridobivajo iz naravnih ali kot stranski produkt v naftni industriji. Ločimo:

-Ogljikovodikovo vezivo: Je material, ki povezuje trdne delce in je sestavljen iz ene ali več vrst bitumenov ali katranov.

-Bitumen: Je viskozna tekočina ali trdna snov, ki sestoji v glavnem iz ogljikovodikovih in drugih organskih snovi. Je rjave ali črne barve, pridobiva pa se ga z rafiniranjem nafte ali iz naravnih nahajališč. V naravi se nahaja v razmeroma čisti sestavi ali pa v naravnih asfaltih.

-Katran: Je viskozna tekočina, ki ime veliko sprijemnost. Pridobiva se s suho destilacijo premoga, lesa ali bituminskih skriljevcev.

-Asfaltni cement: Je mešanica naravnega asfalta in bitumena ali organskih olj, ki povezuje mineralni agregat v trdno asfaltno mešanico.

-Asfalt je mešanica mineralnega agregata in asfaltnega cementa.

Ogljikovodikova veziva

Vsa so vodoodporna, jo ne prepuščajo, so odporna na vremenske vplive, lepljiva, razmeroma poceni. So v kemičnem smislu zelo kompleksna, saj sestojijo iz več kot 10000 sestojin. Posamezne vrste se med seboj razlikujejo po topnosti v različnih organskih topilih. V bitumenih se nahaja 80% ogljika, 10% vodika, 6% žvepla ter dušik in kisik. Glede na topljivost bitumene delimo v 3 skupine:

-Karbeni (netopljivi v ogljikovem tetrakloridu)

-Asfaltni (netopni v petroleju, etru itd.)

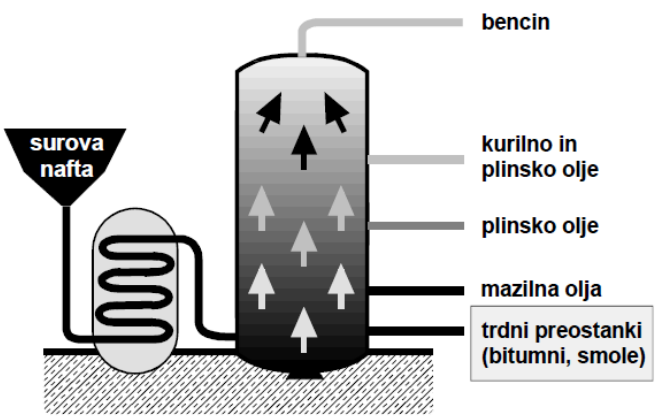
-Malteni (topljivi v petroleju in etru)

Katrani: Se pridobivajo s suho destilacijo premoga, lesa in skriljev. Proizvaja se le tam, kjer je to ekonomično. Pri suhi destilaciji premoga se pridobivajo razna onlja, ostanek pa je trda snov, katran, ki je pretrda za neposredno uporabo in se ji morajo dodajati razna olja. Kvaliteta je odvisna od načina pridelave, zato se trajni katrani izdelujejo v vodoravnih retortah. Trajnost je seveda odvisna od vremenskih vplivov katerim so izpostavljeni. Notranjost ohranja mehanske lastnosti, če le se znanjost ne uniči do te mere, da je več ne ščiti. Vsebujejo snovi, ki ovirajo rast bioorganizmov, zato rastline na njih brez zemlje ne morajo rasti.

Bitumni: Pridobivajo se z destilacijo surove nafte, kar pa se lahko zgodi tudi samo od sebe v naravi, kar dokazujejo naravna nahajališča. Kot je na sliki prikazano destilacija poteka v več fazah. Ko se vse snovi izločijo iz nafte na dnu ostanejo smole in bitumni, ki so neposredno uporabni v cestogradnji. Večinoma se proizvajata dve vrsti, mehki in trdi bitumen. Vmesne različice pa se proizvajajo z mešanjem teh dveh.

Z nadaljno predelavo dobimo tudi trde ali oksidirane, ki so primerni za industrijsko rabo. Pri predelavi vpihujemo v bitumene zrak skozi segret bitumen, kar povzroči zamreženje C molekul, kar privede do boljših lastnosti.

Po kemilni sestavi so bitumeni podobni katranom, zato imajo tudi podobne lastnosti. Oksidiranje je pri njih manj izrazito, so pa bolj ogroženi tanki kot debeli bitumni. Bitumni naravnega izvora imajo slabše lastnosti kot tisti predelani iz nafte.



Fizikalne lastnosti:

Sprijemnost:

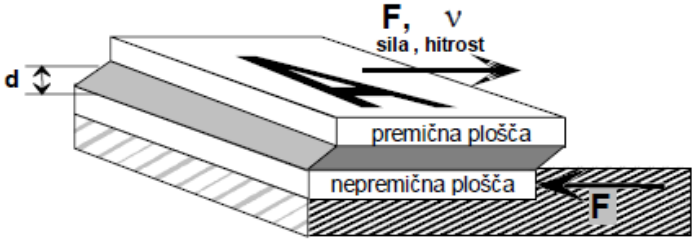
Površine na katere se nanaša katran ali bitumen morajo biti ustrezno pripravljene, čiste, suhe in brez prahu. Plasti bitumena ali katrana pa ne smejo biti predebeli, sicer se ne bodo dobro omogčile in bodo pretoge. Če je na površini prah ali pa voda, se ne bo primerno prilepil (slika). Da se kot poravna na 90° moramo vložiti neko mehansko delo Če je kot v začetku manjši je potrebno manj veziva in tudi energije, velikost kota pa je odvisna od vrste bitumna oziroma katrana, pri katranih je načeloma manjši zato se ti tudi uporabljajo v primerih, ko se ne da odrstraniti vlage. Na sprijemnost se lahko vpliva tudi z različnimi dodatki. Luščenje je neposredno povezano s kotom omakanja.



Viskoznost:

Ogljikovodikova veziva se uporabljajo pri različnih konsistencah, od takih, ki so popolnoma trdna, do takšnih, ki so tekoči že pri sobni temperaturi. Viskoznost je skupna lastnost vseh. Nekatere vrste so tiksotropične, kar je lastnost togega materiala, da postane viskozen ko se ga vibrira ali strese. Stopnaj viskoznosti se izrazi kot velikost plastičnih deformacij, ki se razvijejo v določenem času pri stalno obremenjenem materialu. Bolj kot je ta viskozen, manjše bodo deformacije. Viskoznost se tudi definira kot koeficient med strižno hitrostjo in napetostjo.

$$\eta = \frac{F/A}{v/d} = \frac{Fd}{Av} \ (\mathrm{Ns/m^2})$$



Material	Viskoznost v (cP)	Stanje pri 20°C
voda	1	tekočina, ki se lahko črpa
dieselsko gorivo	10	
težko strojno olje (50 SAE)	10^3	
mehkejši bitumni in katrani	10^5 do 10^6	poltekoča snov
srednje trdi bitumni in katrani	10^7 do 10^8	mehka poltrdna snov
trdi bitumni in katrani	10^{10}	trdna snov

Pri merjenju viskoznosti se mora v preglednicah navesti tudi temperatura, saj je že za posamezno snov viskoznost pri različnih temperaturah različna. Zato se določa pri enakih pogojih. Ker pa je razpon viskoznosti ogromen, potrebujemo več različnih metod in instrumentov za merjenje le teh. Obstajata dve vrsti viskozimetrov (drsni ali kapilarni v prvi skupini rotacijski v drugi skupini. Razlikujeta se po prikazovanju podatkov, prva prikaže v standardnih enotah, druga pa v preprostih, času itd.).

Toplotna občutljivost ogljikovodikovih veziv:

Bitumni in katrani so trdi tudi pri višjih sobnih temperaturah, vseeno pa se pri določenih temperaturah zmehčajo do določene stopnje. Ta se določi z napravo, ki potiska standardizirano kroglo v material pri različnih tempraturah.

Bistvenega pomena pa je spreminjanje viskoznosti glede na temperaturo. Viskoznost namreč linearno pada s temperaturo, najbolj so občutljivi katrani. Zato lahko tudi takšna veziva s segrevanjem pretvorimo v obliko s takšno viskoznostjo, da je primerna za brizganje, črpanje, mešanje. Za dobro vgradljivost pa se mora pred mešanjem segreti tudi agregat.

Uporaba veziva	Potrebna viskoznost	Temperaturno območje
brizganje	50 do 100 cP	70 do 200°C
črpanje	500 do 1000 cP	50 do 150°C
valjanje (bitumenske mešanice)	1000 do 50 000 cP	25 do 90°C

Mešanice ogljikovodikovih veziv

Razredčena ogljikovodikova veziva: Izdelujejo se tako, da razgretim bitumnom dodajamo lahka olja. To jim zmanjša viskoznost, kar pomeni, da so uporabna tudi pri nižjih temperaturah. Tanjše plasti se tudi hitro strdijo, ker lahka olja, kerozin, hitro hlapijo.

Emulzije: So disperzijske ogljikovodikove vezi v obliki drobnih kroglic v vodi, ki ohranijo stabilnost s pomočjo emulgatorjev. Ko se v tanki plasti nanesejo na podlago jo izgubijo, voda izhlapi, vezivo pa ustvari gosto prevleko. Delimo jih na nestabilne, polstabilne in stabilne. Lahko so alkalne ali kisle, vgrajujejo se v hladnem stanju kjer se mešajo s cementom, apnom, kameno moko itd. Uporabljajo se za premaze, zalivke, pri prometnicah pa za stabilizacijo podlage.

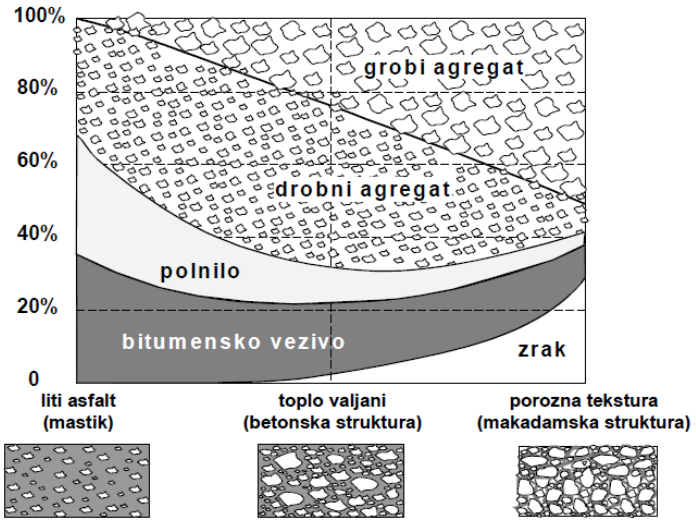
Veziva z dodatkom gume: Guma se primeša v obliki latexa, prahu iz nevulkanilizane ali vulkanizirane gume, dobljenega z mletjem avtomobilskih gum. Primeša se le bitumnskim, ker ni kompatibilna s katrani. Dodajajo se v manjših koncentracijah, ponavadi manj kot 0.5%, maksimalno pa 5%. Guma izboljšuje lastnosti veziva že v manjših koncentracijah:

-Povečuje elastičnost in zmanjšuje nevarnost krhkega loma
-Zvišuje viskoznost in temperaturo zmehčanja
-Zmanjšuje občutljivost na temperaturne spremembe

Mešanice veziv primerne za cestogradnjo:
Za cestogradnjo so bolj primerni naravni bitumni, saj je drsnost vozišča v tem primeru manjša. So pa dragi, zato jih pogosto zmešamo 1:1 z umetnimi. Boljše obnašanje se pripisuje hitrejši oksidaciji in zrnastni strukturi. Posebej gladka je cesta iz gladkega agregata in umetnega veziva. Najboljše pa so mešanice katrana in bitumna, ki oksidirajo še hitreje kot naravni bitumn.

Bitumenske mešanice

Ogljikovodikova veziva so redko brez dodatkov, saj se zmešajo z agregatom in dodatki ter polnili, ki izboljšajo lastnosti mešanice. Vse te mešanice so med dvema ekstremoma: litim asfaltom z urejenimi zrni in makadamsko mešanico z odprto teksturo. Pri izbiri mešanice moramo upoštevati želene lastnosti. Želimo imeti čim bolj trajno mešanico in imeti z njo čim manj stroškov vzdrževanja.



Ogljikovodikove vezi so po naravi zelo obstojne, zato se pri mešanicah uporabljajo v velikem deležu z malo drobnega agregata. Dobljena zmes je tako kompaktno in gosto gradivo, ki oksidira na površini in je nepropustno. Č se uporabi vezivo z visoko viskoznostjo je takšna mešanica tudi zelo trdna. Pri vgrajevanju takšnih mešanic pa jih moramo segreti na visoko temperaturo, kar še bolj poviša stroške. Dobre lastnosti pa se lahko doseže tudi z zelo kvalitetno mešanico agregata, ki pa je mora biti v tem primeru več, mora prevladovati. Za vezivo dodamo le malo bitumnskega veziva z nizko viskoznostjo.

Lastnosti mešanic

Večino mešanic je sestavljenih iz: -Grobi agregat
-Drobni agregat
-Polnilo, finozrnat mineralni material
-Ogljikovodikovo vezivo

Obdelovalnost mešanice:

Mešanica mora biti sestavljena tako, da se lahko obdeluje, enostavno vgrajuje in da je kompaktna. Če ni kompaktna prepušča vodo in zrak, kar pomeni, da lahko v notranjosti oksididra, torej se vezivo odlepi od agregata in takšno gradivo ni trajno. Obdelovalnost in kakovost vgradnje je odvisna od temperature materiala in okolja. Najboljše so mešanice, ki se lahko vgrajujejo pri nižjih temperaturah, saj se vsaka taka mešanice še lažje vgradi pri višji temperaturi in nam to ne povzroča težav. Problem je tudi hlajenje mešanice med transportom, zato se tiste, ki se morajo vgraditi pri višjih temperaturah ne smejo transportirati daleč, včasih pa je potrebno mešanico na gradbišču še dodatno segreti.

Trdnost in gibkost mešanice:

Ustrezno pripravljene in vgrajene bitumenske mešanice so sposobne prenašati statične in dinamične obremenitve. Od njih se pričakuje tudi primerna gibkost zaradi prilagajanja dolgotrajnim spremembam oblike in posedkom podlage ter pogostim kratkotrajnim deformacijam.

Liti asfalt lahko vsebuje do 1/3 polnila, tako da je popolnoma ne porozen in so vse pore zapolnjene, zrna agregata se ne stikajo, zato se obremenitev usmerja na vezivo. Temu lahko določamo mehanske lastnosti, saj lahko uporabimo različne vrste bitumnskega veziva, kateri poviša trdnost materialu in mu olajša vgradnjo (potrebna je nižja temperatura), od njegove količine pa je odvisno kako dobre bodo te lastnosti. Ne sme ga biti preveč niti premalo.

Pri dodajanju drobnega in grobega agregata se ustvari material, pri kateremu se večji del obremenitev usmeri na stične ploskve agregata, zato so pri takšnih materialih pomembne lastnosti agregata, od granulacijske sestave, poroznosti, teksture, oblike itd.

Trdnost bitumenske mešanice se lahko poviša bodisi z uporabo veziv z višjo viskoznostjo bodisi z uporabo trdega lomljenega agregata s hrapavo površino ali pa z kombinacijo obeh, gibkost pa se dosega z večjo količino veziva ali z nižjo viskoznostjo le tega.

Vezivo v mešanici se obnaša elastično pri kratkotrajnih obremenitvah, tako da je togost mešanice odvisna od togosti veziva, pri dolgotrajnih obremenitvah, kjer se lahko pojavi tečenje pa so lastnosti odvisne od vrste agregata in njegovih že naštetih lastnosti. Tečenje se lahko zmanjša tudi z primerno vpetostjo materiala v konstrukcijo. Na gibkost ima velik vpliv tudi temperatura, saj se pri povišani temperaturi pojavi tečenje, torej deluje kot neka trajna obtežba.

Trajnost mešanice:

Trajnost mešanice je odvisna predvsem od trajnosti veziva. Ko ga vgradimo se zaradi toplega zraka površina oksidira ali dodatno polimerizira, zato je površina toga in trda, največ teh procesov se zgodi ravno pred in med vgrajevanjem, viskoznost se pa lahko v prvem letu poviša do 5 krat. Na trajnost mešanice bistveno vplivata vrsta agregata, vrsta veziva in seveda kakšna je njuna sprijemnost. V kolikor sprijemnost ni dobra lahko hitro nastanejo manjše razpoke, v te priteka voda in oksidacija se iz površine, kjer jo želimo, razširi tudi v notranjost kjer je ne želimo.

Projektiranje sestave bitumenske mešanice:

Pri tem se, za razliko od projektiranja betonov, osredotočimo le na ustrezno izbiro komponent za v mešanico, glede na to kakšne tehnične lastnosti bi želeli imeti. Pri tem pa moramo upoštevati tudi lokacijo, tako da recepturo določamo izkustveno, glede na izkušnje iz preteklosti. Problem pri tem je, da se, čeprav se da mešanico dobro in enostavno izbrati, da od tega ni odvisno tudi kako dobro jo bodo vgradili na gradbišču samem, kakor tudi se same razmere na gradbišču lahko razlikujejo od tistih, za katere je mešanica projektirana.
Na začetku se moramo odločiti ali želimo betonsko ali makadamsko. Če želimo betonsko, morajo biti z vezivom oblepljena vsa zrna agregata, če makadamsko pa mora biti zapolnjen ves prostor.
Za določanje količine bitumna poznamo izkustveni obrazec. Lahko jih izrazimo v gramih ali v kubičnih centimetrih. (str 224)
Vloga bitumna v asfaltni mešanici je:

-Zadrževanje mineralne strukture asfalta v stanju nosilnosti, kar je posledica lepljivosti bitumna
-Povečanje nosilnosti in stabilnosti asfalta z zapolnitvijo prostora med zrni agregata
-Zagotavljanje gibkosti in optimalne plastičnosti

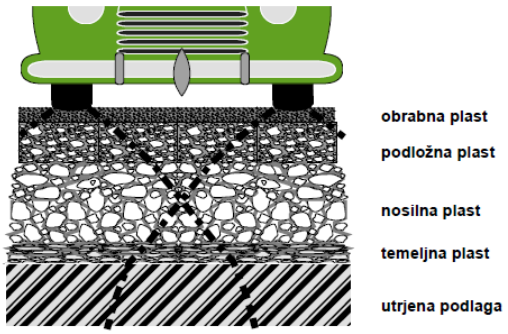
Polnilo, ki se doda betonu, pa močno vpliva na stabilnost in plastičnost mešanice, poroznost in časovni razvoj plastičnih deformacij (posledica delovanja adhezijskih sil med bitumnom in zrnci polnila).

Uporaba ogljikovodikovih materialov:

Uporaba teh je relativno razširjena, saj so dostopni po nizkih cenah in v velikih količinah, so trajni, sprijemni in vodoprepustni ter enostavni za vgradnjo, po vgradnji pa se hitro strdijo.

Cestogradnja:

Bitumenske mešanice se uporabljajo v vseh plasteh v cestogradnji, po navadi pa se zgornjo plast projektira tako, da je najkvalitetnejša na obrabo, poroznost, trdna in trda, toga in da ščiti ostale plasti pred vremenskimi vplivi. Spodnji plasti sta projektirani tako, da prenašata obremenitve in dajeta togost. Nosilna plast je najpomembnejši del konstrukcije, saj prenaša in omogoča raznos zunanje obremenitve.
Zgornji plasti sta narejeni z najkakovostnejših mešanic, saj je njuna vloga ustvarjanje voznih pogojev in zaščita nosilne plasti. Podložno plast odlikujejo višje mehanske lastnosti, obrabno plast pa večja odpornost na zunanje vplive.



Mešanice za izdelavo obrabne plasti:
Pri tem moramo upoštevati trajnost in ekonomično, zraven pa seveda kvaliteto. Upoštevati moramo stroške izgradnje in hkrati tudi stroške vzdrževanja. Doseči želimo takšno mešanico, ki je ne bo treba veliko vzdrževati, hkrati pa se bodo lahko vozila peljala varno in hitro. Pri tem je veliko odvisno ravno od veziva, stabilnost in oprijemljivost pa se doseže z ostrim agregatom. Vse te lastnosti moramo skupaj prilagoditi in gledati, da so si med seboj kompatibilne. Dobro je imeti veliko veziva, ki mora imeti čim višjo viskoznost, oprijemljivost pa dosežemo z vtiskanjem ostrorobega mineralnega agregata. To pa žal pomeni tudi visoke stroške, katerim doprinese tudi dejstvo, da se morajo visoko viskozne mešanice vgrajevati vroče.

Mastik asfalt:

Mastik ali liti asfalt je najdražja izvedba asfaltne vozišča, ga pa po drugi strani odlikuje visoka kvaliteta in trajnost. Zaradi svoje cene se uporablja samo na posebnih delih vozišč kot so področja, kjer avtomobili silovito zavirajo ali pa na ostrih ovinkih, uporabljajo pa se tudi na velikih jeklenih mostih, kjer želijo narediti čim lažjo in čim kvalitetnejšo zgornjo plast, pogosto pa se ga vgrajuje tudi na mestih, kjer bi popravila povzročila nemogočo gnečo. Lahko mu s površinskim nanosom veziva in peska povišamo hrapavost.

Asfalti iz apnenih skriljevcev:
Apneni skriljevci so naravno impregnirani z bitumni, tako da se te kamnine zdrobi v prah in se jih lahko uporablja brez dodajanja bitumenskega veziva. Ta prah dobro segrejemo, ga nanesemo v plasteh in ga nato z ročnim nabijanjem utrdimo, nato ga pa še hrapavimo z s kerozinom prepojenimi krtačami. Nanj nanesemo še z bitumnom oblik ostri pesek, ki ga nato povaljamo. Takšen asfalt je tog, odporen an visoke temperature, trd, je pa tudi sorazmerno drag.

Vroče valjani asfalt:
Tak asfalt tvori visoko odporno in gosto obrabno plast vozišča. Je vodoprepusten in se ga največkrat uporablja za obremenjene odseke kot so ulice ipd. Kot podlago lahko uporabimo ti beton. Lahko ima različne količine agregata, na trdnost pa najbolj vpliva vezivo. Sestavljen je iz drobnega agregata, polnila in veziva, ki je lahko različnih vrst. Nanašamo ga v dveh plasteh, mešanico z bolj grobim agregatom damo na spodnjo plast. Pogoj je še, da ga valjamo s težkimi valjarji, vsaj 6 ton.

Gosti katran:
Takšni asfalt vsebuje velike količine veziva, ki pa ni toliko viskozno kot bitumen. Ima zelo dobre tehnične lastnosti, v poletnih mesecih pa je zaradi nižje viskoznosti nekoliko bolj tekoč. Pozitivna lastnost pa je, da je odporen na vsa olja ipd, zato je primeren za izdelavo avtobusnih postaj, parkirišč in letaliških terminalov. Sicer pa je po pripravi in lastnostih ter po polaganju zelo podoben vroče valjanem asfaltu.

Asfalt beton:
Je podoben vroče valjanem asfaltu, le da je njegova sestava mnogo bolj groba. Vsebuje grobi agregat, po navadi iz lomljenca, tako da se obremenitve preusmerijo na stične površine in ne toliko na vezivo samo. Posledično lahko uporabimo manj veziva. Vozišča prekrita z asfalt betonom lahko prenašajo najtežje prometne obremenitve.

Gosti bitumenski makadam:
Ta lahko nadomešča asfalt beton, le da je za razliko od njega bolj porozen. Podobno kot pri njemu igra ključnega pomena agregat, ki je tu do frakcij 16mm. Kot veziva pa se v tem primeru uporabljajo trši bitumni. Kakovost je zato zelo odvisna od granulomerijske sestave agregata in njegovega kompaktiranja med vgradnjo. Če so takšni makadami gosti se v njem dobro razporejajo prometne obremenitve.

Katranski in bitumenski makadami:
Lastnosti teh so predvsem odvisne od vremenskih vplivov in sestave agregata. Količina veziva v okoljih z višjo temperaturo je nižja, v okoljih z nižjo temperaturo pa višja, sicer pa damo glede na ostale asfalte tu manj veziva. Potrebno jih je valjati s težkimi valjarji, nanaša pa se ga enako v dveh plasteh. Zgornja plast je hrapava, vendar pa se s časom zgladi, saj se kot pri gostih bitumenskih makadami tudi tu veziva izceja na površje.

Drobnozrnati hladni asfalti:
So namenjeni predvsem za popravila in so sestavljeni iz drobnega agregata in nizko viskoznih bitumnov. Posledica tega je, da se lahko vgrajujejo tudi hladni, so pa tudi dalj časa pripravljeni za vgradnjo in se ne strdijo takoj. Potrebno pa jih je povaljati s težkimi valjarji. Dobra lastnost je tudi to, da so vozišča takoj po povaljanju uporabna

Mešanice za podložne plasti vozišč:
Te so po navadi dvakrat debelejše kot vrhnje in imajo nalogo podpirati obrabno plast in omogočati razporeditev prometnih obremenitev. Ker niso izpostavljene zunanjim pogojem so lahko iz grobega agregata slabše kakovosti, kto vezivo pa se lahko uporabljajo nizko viskozni bitumeni. Lahko se jih nekaj časa uporablja tudi kot vozna plasti, tako da lahko promet omogočimo še preden nanesemo zgornjo plast.

Mešanice za nosilne plasti cestišč:
Značilnost asfaltnih vozišč je tudi možnost hitrega in ekonomičnega popravila, zato so nosilne plasti izdelane tako, da so bitumenske mešanice bolj podajne (razen pri visokokvalitetnih izjemah).
Nosilne plasti omogočajo enakomeren prenos prometnih obremenitev na utrjeno podlago vozišč. Imjo bolj makadamsko strukturo, saj so iz večjih količin grobega agregata, kar pomeni da je za njih značilno zaklinjanje zrn agregata. Nanašamo jih v plasteh in utrdimo z valjarji, pomembno je tudi da dodamo emulzije za kasnejše strjevanje. Z višjo viskoznostjo veziva se poviša trdnost, če je pa veziva dovolj se jih lahko uporablja tako po valjanju.

Bitumenske hidroizolacije

So bili prvi hidroizolacijski materiali, čigar osnovna naloga je še danes:
-Preprečiti pretok vode skozi oblogo in prodiranje v konstrukcijo
-Ustvariti dovolj trdno površino , ki je odporna proti erozijskemu delovanju tudi v primeru valovanja.

Vodonepropustne prevleke:
Najenostavneje jih je nanašati v tankih plasteh. Tako zaščitimo konstrukcije pred propadanjem, ki ga povzroča vode in škodljive vezi. Ločimo nanašanje hladne in vroče emulzije. Ti premazi ščitijo tudi pred agresivnimi vplivi iz okolja, uporabljamo jih za nanos na keramične materiale, kakor tudi za na kovine.
Te plasti zapolnijo pore materiala in preprečijo vodi in vodni pari vstop v material. To lahko dosežemo tudi z bitumensko impregnacijo vrhnje plasti (npr gramoza pri armiranobetonskih ploščah). Pri določanju debeline membrane j potrebno upoštevati tudi hidrostatični pritisk podtalnice.

Vodonepropustne obloge:
Uporabljajo se za izolacijo podzemnih delov zgradb pred podtalno vodo in so sestavljene iz več plasti mastiknega asfalta (3). Lahko so pa tudi iz 2-3 plasti bitumenskih trakov povezanimi z vročimi bitumenskimi premazi. Ker niso proti mehanskim poškodbam jih je potrebno ustrezno zaščititi. Ščitijo se z ometi in oblogami, zato morajo imeti ravno prav hrapavo površino, da je stik čvrst.

Ravne strehe:
Zvezne bitumenske membrane so primerne na hidroizolacijo na ravnih strehah, najpogosteje uporabimo asfaltne, plastovite obloge in kritine.

Asfalt:
Asfaltne membrane po navadi sestojijo iz dveh plasti asfalta, kar je dovolj da jih veter ne odpihne in zato ne potrebujemo druge pritrditve. So kvalitetne, toge in razne spremembe na njih nimajo vpliva, zato se uporabljajo tudi pri premostitvenih armiranobetonskih konstrukcijah.
Kritine so iz več plasti. Prva je vodonepropustna, nato je nosilna plast ali estrih. Nosilna plast je položena na neko plast, ki služi kot toplotni izolator, po to plastjo pa je še ena vodonepropustna membrana. Zaščita teh plasti pred vlago je nujna, saj lahko v nasprotnem primeru material izgubi nekatere lastnosti. Vrhnja plast je občutljiva predvsem na staranje, atmosferske vplive, oksidacijo in temperature, zato se jo zaščiti s peščenimi plastmi, premazi itd.

Bitumenski trakovi:
Uporabljajo se za prekrivanje nepohodnih streh in so izdelani iz tkanine iz impregniranih polimernih vlaken in bitumenske matrice. So lahko, večplastni in jih je potrebno protrditi. Imeti morajo ustrezno elastičnost, problematična pa so stična področja, ki se pogosto poškodujejo zaradi korozije, posedkov konstrukcije, krčenja, raztezanja podlage itd. Zato morajo biti takšne strehe redno pregledane in vzdrževane.

Vodne zgradbe:
Uporaba na tem področju je kar razširjena. Bitumni se uporabljajo za tesnjenje stikov, ki morajo prenašati določene premike elementov brez nastanka razpok in se morajo dobro prilegati na podlago, da ne pride do razpok pri nizkih temperaturah ali da se voda izceja. Na koncu se stik premaže še z bitumenskim premazom.

Kanali in rezervoarji:
Pri izvedbi kanalov v nepropustnih tleh je potrebna zaščita pred nezaželjenim pronicanjem vode iz kanalov in najenostavnejša zaščita je bitumenska prevleka, ki pa mora biti trajna, žilava in sposobna prenašati premike ne da razpoka.
Druga možnost zaščite pa je uporaba bitumenskih makadamov ali asfaltnih betonov , ki služijo kot nosilna plast za površinske prevleke, ki pa so zadosti vodotesne in odporne na erozijo.

Kamnite pregrade:
Vodotesnost kamnitih pregrad lahko dosežemo s polaganjem preprog iz asfaltnega betona. Tradicionalni način je uporaba glinenega jedra za notranjo steno. Problem tega so visoki stroški in dolgotrajno grajenje takšne pregrade , zato je bolj primerno z asfaltno preprogo, saj je postopek hitrejši in cenejši.

KOMPOZITI

Kompoziti so materiali sestavljeni iz dveh ali več komponent, njihove lastnosti pa se razlikujejo od lastnosti posameznih materialov, ki ga tvorijo. Večina materialov v tehniki je kompozitov, saj so večfazni, kljub temu pa lita železa, jekla in polimera ne uvrščamo med kompozite, ker se tvorijo komponente neposredno iz homogenega materiala. Kompozit je tisti, pri katerem se komponente jasno razločijo ves čas njihovega nastanka, obdelave in uporabe. Vedno imamo en material (faza), ki je zvezno razprostranjena in tvori matrico, vse ostale faze pa so dodane kot ojačitve matrice.

Nosilni kompoziti se delijo na 3 skupine: Kompoziti z razpršenimi delci, kompoziti z vlakni in lamelirane kompozite. Beton lahko sodi kar v vse 3 skupine. Najbolj enostavni lamelirani kompozit pa je lesena vezana plošča.

Najbolj enostavni kompoziti so penasti materiali v katerih je dodatni material plin, ki je razpršen v matrici in je proti njej inerten. V matrico se uvaja kot komprimiran plin s kemijsko reakcijo. Penasti materiali imajo lahko zaprte celice in se uporabljajo kot izolacijski ali konstrukcijski materiali. Če majo celice odprtega tipa pa se lahko uporabljajo kot filtri ali absorberji.

Lepila barve in premazi so tudi pogosta sestavina kompozitom. Uporabljajo za povečanje obstojnosti ali pa za nekatere stike. Dober stik je takrat, ko se za porušitev stika potrebuje večja sila kot za porušitev samega materiala na kateremu je stik, slabost pri tem je sprememba zaradi temperature.

Disperzijske ojačitve matrice:

Tu so prisotni delci z majhnim premerom(do 15% prostornine), ki se dodajo matrici in ovirajo razširitve defektov znotraj matrice, ki je nosilec poškodb. Takšna obdelava je po rezultatih podobna toplotni pri kovinskim materialih. Primer je kompozit z aluminijevega prahu z dodatkom aluminij oksida in ima mnogo boljše mehanske lastnosti.

Ojačitve matrice z delci:

Pri tovrstnih kompozitih imamo prisotne delce z večjim premerom in večjo koncentracijo, nad 20%. Delci ovirajo deformacijo in obremenitev sprejemajo nase. Deformabilnost in kakovost materiala je odvisna od razmerja med delci matrice in ojačitve ter mehanskih lastnosti le teh. Takšni kompoziti so večina komercialnih keramik, od opeke, do brusnih kamnov itd.

Ojačitve matrice z vlakni:

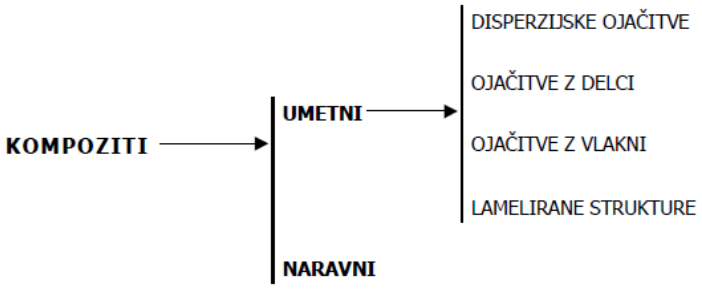
V to skupino sodijo kompoziti v katerih ima matrica vlogo veziva in povezuje vlakna, ki nosijo mehanske obremenitve. Temu je tako samo v primeru, če je stik med vlakni in vezivom boljši kot same mehanske lastnosti matrice. Kakovost materiala je zato odvisna predvsem od kakovosti povezave z matrico., zato je vlaken veliko in imajo veliko stično površino. Vlakna so v matrici kontinuirana in orientirana (les) ali fragmentirana in neorientirana (steklo)- takšni kompoziti so cenejši, ker imajo izotropne lastnosti. Tisti z orientiranimi pa so dražji, saj je težji postopek obdelave, so pa trdnejši in bolj elastični. Najboljša so karbonska vlakna.

Lamelinare strukture:

So plastoviti kompoziti, katerih plasti so medsebojno povezane s polimernimi lepili ali s kemično/toplotno obdelavo površin v kombinaciji z mehanskimi postopki. Imajo visoko trdnost, so lahki in poceni. Znani predstavnik je vezana lesena plošča in tudi lamelirana stekla. Posebni primer pa so sandwich plošče, ki imajo notranjo debelejšo plast zaprto s tanjšimi zunanjimi plastmi.

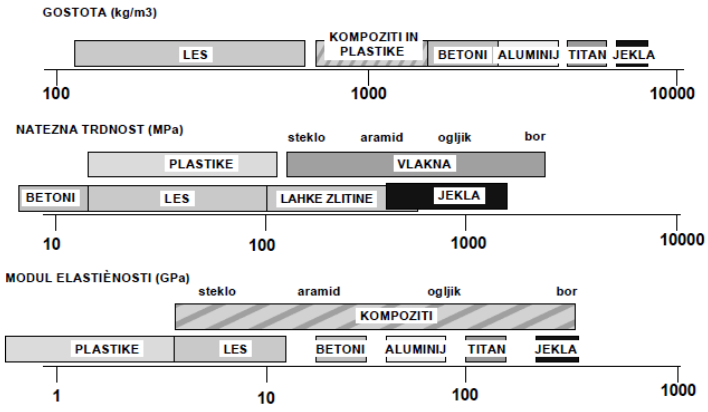
Naravni kompoziti:

Med njimi najdemo vse predhodno našteje kompozite, v gradbeništvu pa največkrat uporabljamo tiste, ki so po sestavi vlaknasti kompoziti (les)



UMETNI KOMPOZITI

V praksi se največkrat uporabljajo materiali, ki jim je v matrico dodana armatura. Kompozit ima boljše lastnosti kot prvotna materiala, kar prikazuje naslednja slika. Več o umetnih kompozitih v splošnem na strani 239-241 v skripti.



Komponente umetnih kompozitov

Polimerna matrica:

Polimerna matrica povezuje vlakna v kompozit in zagotavlja ustrezen položaj in usmeritev le teh. Preko nje se prenašajo obremenitve na vlakna, torej mora imeti dobre lastnosti. Trdnost in deformabilnost določa prostorninsko razmerje med matrico in vlakni in kakovost povezave med njimi. Matrice so iz različnih smol in mehanske lastnosti so odvisne od trdnosti stika med matrico in vlakni, zato je stičnih površin veliko, vlakna pa se obdelajo z aperturo, ki se na eni strani kemično poveže z materialom vlakna, na drugi pa z matrico. Temperaturna odpornost kompozita je odvisna od termalnih lastnosti matrice, kar je pomembno vedeti predvsem pri amorfnih materialih, ki imajo t.i. temperaturo steklastega prehoda. Med najbolj pogoste smole pri uporabi sodijo epoksidne smole, nenasičene poliestrske, fenolne itd.

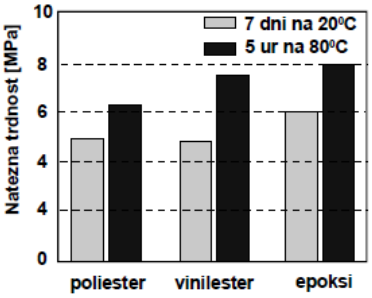
Epoksidne smole se dobijo v različnih kvalitetah, kar pomeni različne mehanske lastnosti, različna področja uporabe, so pa zelo dostopna glede na ceno, kar je pomembno v gradbeništvu. Z ustrezno formulacijo se lahko uporabijo tam, kjer je potrebna odpornost na udarce, višje temperature in vroče in mokro okolje.

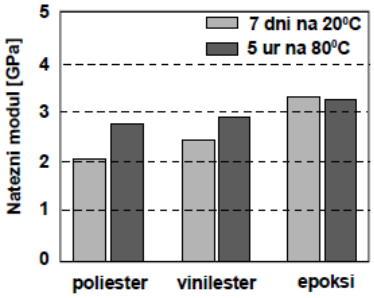
Fenolne smole so poznane po visoki požarni odpornosti, nizki ceni, imajo pa v primerjavi z epoksidnimi bistveno slabše mehanske lastnosti,.

Bismelamidne so drage, ampak imajo visoke mehanske lastnosti tudi pri višjih temperaturah

Cianat esterske smole imajo izredne tehnološke lastnosti, ki omogočajo izdelavo visokokakovostnih kompozitov, imajo pa visoke mehanske lastnosti tudi pri zelo visokih temperaturah, so pa tudi dokaj drage.

Pri izdelavi kompozitov so pomembni termalni pogoji pod katerimi se negujejo matrice do končne polimerizacije in povezave z vlaknasto armaturo. Z dodatno pet urno nego pri povišani temperaturi se polimerizacija nadaljuje tako, da se mehanske lastnosti povišajo pri vseh treh prikazanih smolah (slika) z izjemo modula elastičnosti pri epoksidnih. Pri tem moramo omeniti tudi krčenje smol, ki znaša okoli 2-8% in povzroča notranje napetosti v materialu, ki zmanjšujejo trdnost kompozita, povzroči pa lahko tudi tanjšanje krovne plasti polimerne matrice nad vlaknasto armaturo, kar je težko odpraviti z naknadnimi posegi.





Armaturna vlakna:

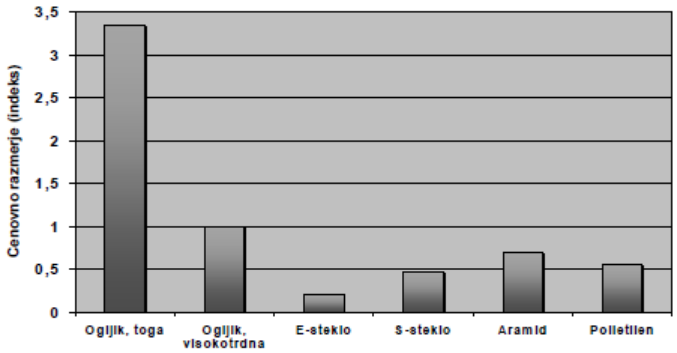
Matrice se največkrat armirajo s steklenimi, aramidnimi in ogljikovimi vlakni, lahko pa tudi z borovnimi. Armirajo se z enosmerno orientiranimi zveznimi vlakni, ki so prepletena v dveh ali več smereh v ravnini tako, da tvorijo različne načine tkane tkanine.

Ogljikova vlakna proizvajajo s kontrolirano oksidacijo, karbonizacijo in grafitizacijo organskih snovi, ki so bogate z ogljikom. Najkakovostnejša se pridobivajo iz PAN, manj kakovostna pa tudi iz katrana, bitumnov in celuloze. Z različnimi procesi grafitacije se pridobijo različno trdna vlakna, v primerjavi z ostalimi vlakni pa imajo ogljikova najvišjo trdnost in dobre tudi ostale mehanske lastnosti. Uporabljajo se za kompozite visokih trdnosti in togosti, zaradi kemične povezave med matrico in vlakni pa lahko stik prenese izjemne obremenitve, kar dodatno prispeva k visoki trdnosti takih kompozitov.

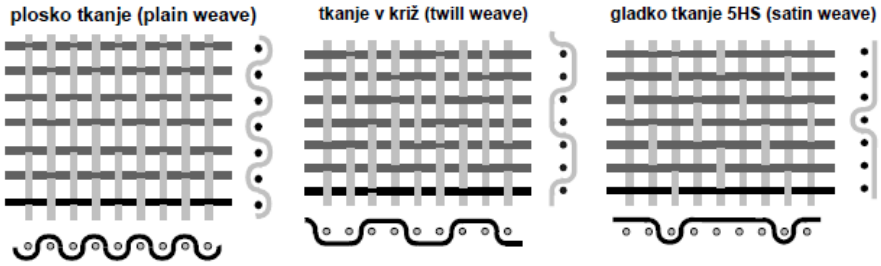
Steklena vlakna se skozi tanke šobe vlečejo in so iz kremenčevega peska, kaolina, apnenca in kolemanita. Z različno mešanico dobimo različne lastnosti in vrste vlaken. Najpogosteje se uporabljajo alkana stekla A-stekla in električna E-stekla ter kemična C-stekla. A stekla so alkalno občutljiva, E stekla so srednje odporna, C-stekla pa visoko odporna na alkalno korozijo. Najpogosteje uporabljamo E-stekla, saj imajo sprejemljivo ceno in visoke tehnične lastnosti. Kompoziti armirani s tsklenimi vlakni niso tako trdi in so težji, so pa mnogo cenejši. Ker so občutljiva na alkalno korozijo mora biti kompozit narejen tako, da ob poškodbah pride čim manj škodljivih snovi do armature. To je predvsem pomembno tam, ko pride kompozit do betona ali malte.

Armaid je sintetiziran polimer iz katerega se izdelujejo vlakna z različnimi komericalnimi imeni (Kevlar) in ima visoko specifično trdnost in odpornost na udarne obremenitve. Ostale lastnosti ima podobne steklenim vlaknom, zato je uporaben za armiranje kompozitov, ki so izpostavljeni udarni obremenitvi, saj ti absorbirajo udarno energijo in so tudi površinsko odporni. Na sliki vidimo lastnosti različnih vlaken od A(dobro) do C(slabše), priložen pa je tudi diagram s cenami.

Lastnost	Aramid	Ogljik	Steklo	Lastnost	Aramid	Ogljik	Steklo
Natezna trdnost	B	A	B	Strižna trdnost v ravnini	B	A	A
Natezni modul	B	A	C	Gostota	A	B	C
Tlačna trdnost	C	A	B	Odpornost na utrujanje	B	A	C
Tlačni modul	B	A	C	Požarna odpornost	A	C	A
Upogibna trdnost	C	A	B	Toplotna izolativnost	A	C	B
Upogibni modul	B	A	C	Elektroizolativnost	B	C	A
Udarna trdnost	A	C	B	Toplotni raztezek (nizek)	A	A	A
Medplastna strižna trdnost	B	A	A	Nizka cena	C	C	A

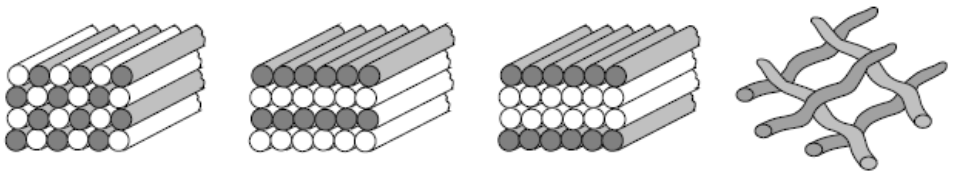


Iz vlaken se tkejo tkanine, ki so močna kompozitna armatura, različni načini tkanja pa dajo različne togosti v svoji ravnini in s tem možnost oblikovanja tudi najzahtevnejših izdelkov. Najpogosteje uporabimo tkanine, ki so stkane s ploskim, križnim in gladkim tkanjem. Niti s koluta tvorijo osnovo, tiste, ki jih skozi osnovo pretika čolniček pa votek. Ti dve se prepletata in tako se tvori tkanina, ki je zelo odporna na deformacije v svoji ravnini in se dobro prilagaja spremembam oblike profilov. Križna tkanina je enaka na obeh ploskvah, tako kot plosko tkana tkanina. Se lažje deformira v svoji ravnini in se s tem prilagaja obliki profila. Najbolj prilagodljiva tkanina se naredi z gladkim tkanjem. Na sliki so prikazani vsi načini tkanja.



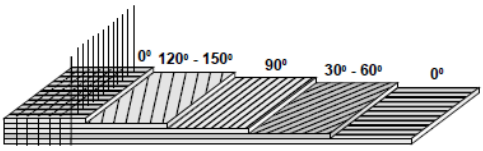
Sestavljanje komponent:

Narava kompozitov je takšna, da jim lahko načrtujemo lastnosti. To pomeni, da se da narediti tudi material, ki bo imel v različnih delih različne lastnosti, kar se doseže z razporeditvijo različne armature na različne načine, tako lahko tudi vgradimo del cenejših vlaken in ne izgubimo bistveno na lastnostih. Tako nastane hibridni kompozit v katerih vsaka izmed vrst vlaken daje neko lastnost materialu. Z dobrim izborom in pravilno razporeditvijo se lahko ustvarijo ekonomično primerni kompoziti dobrih lastnosti. Tako se npr karbonska vlakna razporedijo v najbolj obremenjenih plasteh, steklena pa v manj obremenjenih. Običajno so armaturna vlakna oblikovana na tri načine: krajša v vseh smereh enako orientirana (matta), vzdolžno orientirana medsebojno prepletena vlakna v trakovih ali šopih(rowing) in na različne načine iz rowinga prepletene tkanine. Pri laminatih se uporablja kombinacija matte in rowinga.

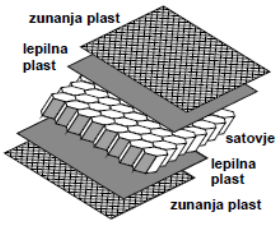


Polimerne smole so žilave in to dajejo celotnem kompozitu, vlakna pa prispevajo k trdnosti in togosti, medtem ko matrica zagotovi prenos obremenitev in zaščito vlaken pred vplivi okolja in delno pred mehanskimi poškodbami. Pred zunanjimi vplivi se kompozit premaše še s polimerno plastjo gel-coat, ki kompozitu daje tudi izgled (barvo, teksturo,..), ki je kompatibilna s smolo in se z njo tudi kemijsko veže. Za matrice so najbolj primerne duroplasti (že našteto), za vlakna pa karmonska, borova, steklena in aramidna.

Kompozitni trakovi in plišče se lahko sestavljajo v večplastne laminatne strukture, ki se povežejo s šivanjem in nastanejo tridimenzionalno armirani polimerni materialiizrednih mehanskim lastnosti in odpornosti. Take trakove je treba apretirati po šivanju. Ker je vsaka plast armirana z vlakni pod različnim kotom se lahko oblikujejo različni konstrukcijski elementi z lokalnimi ojačitvami in željenimi lokalnimi lastnostmi. Primer dveh vrst lameliranih kompozitov na sliki.

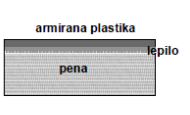


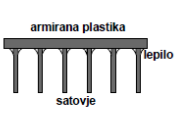
šivani plastoviti kompozit z različno usmerjenimi vlakni

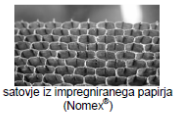


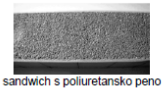
sestavljeni kompozit (sandwich)

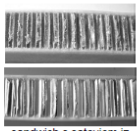
Materiale lahko sestavljamo v različne vrste sklopov pri katerih se posamezne lastnosti komponent optimalno izkoriščajo. Med najblj učinkovite sodijo sandwich sklopi. Spodaj je prikaz različnih jeder in primerjava njihovih tlačnih trdnosti in strižnih trdnosti v primerjavi z njihovimi gostotami. Mehanske lastnosti jedra so lahko različme v odvisnosti od uporabjenih materialov in stroškov. Jedro v vsakem primeru bistveno zviša nosilnost in togost sklopa. Na lahko jedro je prilepljena tanka kompozitna plast, kar povzroči podoben efekt kot pri prerezih H profila. Jedra so lahko kovinska ali nekovinska in so oblikovana kot satovje. Z aluminijevim se doseže visoka trdnost in nosilnost, problem pri vseh takšnih pa je neodpornost proti koroziji. Nomex satovje je iz celic iz tankega materiala in impregniranih s potapljanjem v epoksidno smolo in ima visoke tlačne in natezne trdnosti (čeprav ima 90-99% votlost), zato se uporablja v letalski industriji in tudi drugje. Cenejše vrste so narejene iz termoplastov, njihove lastnosti so slabše, tudi zaradi težave z lepljenjem na površino satovja.

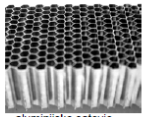




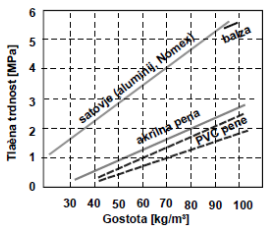

satovje iz impregniranega papirja (Nomex®)

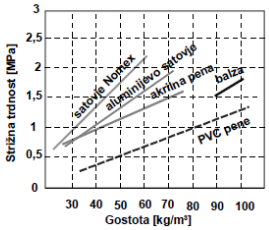

sandwich s poliuretansko peno


sandwich s satovjem iz impregniranega papirja in aluminija

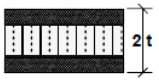
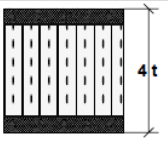

aluminijsko satovje

Kot jedro se lahko uporablja tudi balza in različne pene. Balza ima visoko tlačno trdnost in je dobri toplotni in zvočni izolator, ima pa veliko gostoto in poroznost, tako da jo je potrebno impregnirati. Polimerne pene pa so veliko lažje. Uporablajajo se PS, PU, PMMA, SAN, PEI in PVc, ki so uporabne do temperature 80°C, ne vpijajo tekočin in so odporne na mnoge kemikalije, imajo dobre statične in dinamične lastnosti, zato so najpogosteje uporabljene pene. Najboljše lastnosti imajo akrilne, ki pa so mnogo dražje od PVC.





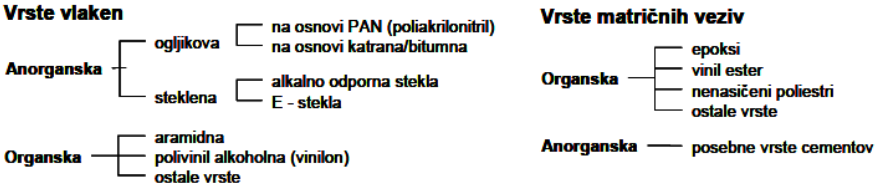
Gostejši materiali imajo tudi višje trdnosti, kar je potrebno upoštevati pri načrtovanju kompozitov, velik vpliv pa ima tudi debelina jedra, ki poviša odornostni moment prereza in je ta tako mnogo bolj trden, tog in odporen. To prikazuje tudi preglednica na desno.

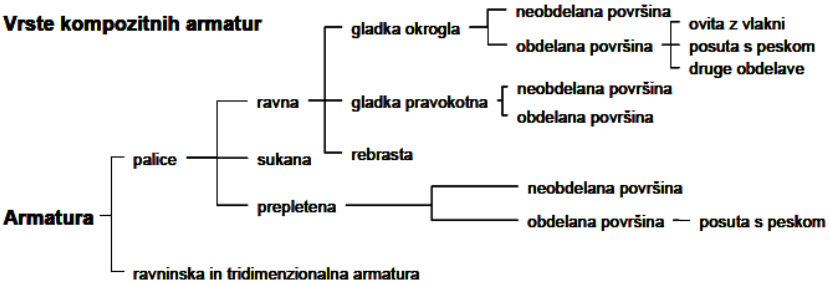
	 laminat brez jedra	 laminat z jedrom debeline t	 laminat z jedrom debeline 3t
Relativna togost	1	7	37
Relativna upogibna trdnost	1	3,5	9,25
Relativna masa	1	1,03	1,06

Betonska armatura:

Armirane plastike lahko uporabimo tudi za armaturo v betonu, ki ima v določenih pogledih prednost pred jekleno. Na Japonskem so celo naredili raziskave in izdali dokuement o pravilni rabi te armature skupaj z vsemi lastnostmi vred. S kompozitnimi palicami armirani prerez mora biti predimenzioniran, saj te palice niso duktilne, palice pa se zaradi sprijemnosti morajo obdelati z nalepljanjem kremenčevega peska. Zato moramo vedno upoštevati krhko porušitev in tako tudi dimenzionirati. Pomembno je tudi, da armaturo tako modificiramo, da je kompatibilna s betonom, modul elastičnosti betona je potrebno čim bolj približati tistemu od armature. V preglednicah spodaj so prikazane lastnosti in vse ostalo, kar se tiče kompozitnih armatur.

Prednosti	Pomanjkljivosti
Specifična trdnost (10-15 višja kot pri jeklu) Korozijska odpornost Elektromagnetna nevtralnost Odpornost na utrujanje (pri ogljikovih in aramidnih vlaknih 3 krat višja kot pri jeklu) Nizek koeficient toplotnega raztezka	Visoka cena Nizek modul elastičnosti (aramid in steklo) Nizka porušna deformacija v primerjavi z jeklom Dolgotrajna trdnost nižja od trenutne statične Možne poškodbe zaradi UV žarčenja Vprašljiva trajnost aramida in stekla v vodi Neznana trajnost stekla v alkalnem okolju Vprašljiva odpornost na utrujanje steklenih vlaken





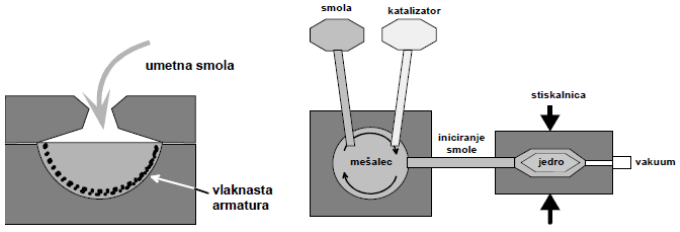
Izdelava kompozitov:

Kompoziti se lahko izdelujejo z ročnim polaganjem posameznih plasti, vplvianjem pod pritiskom, lameliranje, navijanjem vlaken in vlečenjem. Najstarejše je ročno polaganje plasti ali vlivanje v kalupe. Polimerna smola se lahko ročno nanaša na vlakna ali tkanino, nato pa posamezne plasti sprimemo skupaj. Z ročno izdelavo se gradijo in popravljajo plovila in druga vozila, lahko jih izdelujemo z minimalno potrebno opremo na sobni temperaturi.

Pri prepreg postopku se nosilna tkanina impregnira s smolo in se med polaganjem v kalup segreva in nato hladi s hladnim zrakom, tako da dobi željeno obliko. Izdelki se nato negujejo pri povišani temperaturi in določenem tlaku.

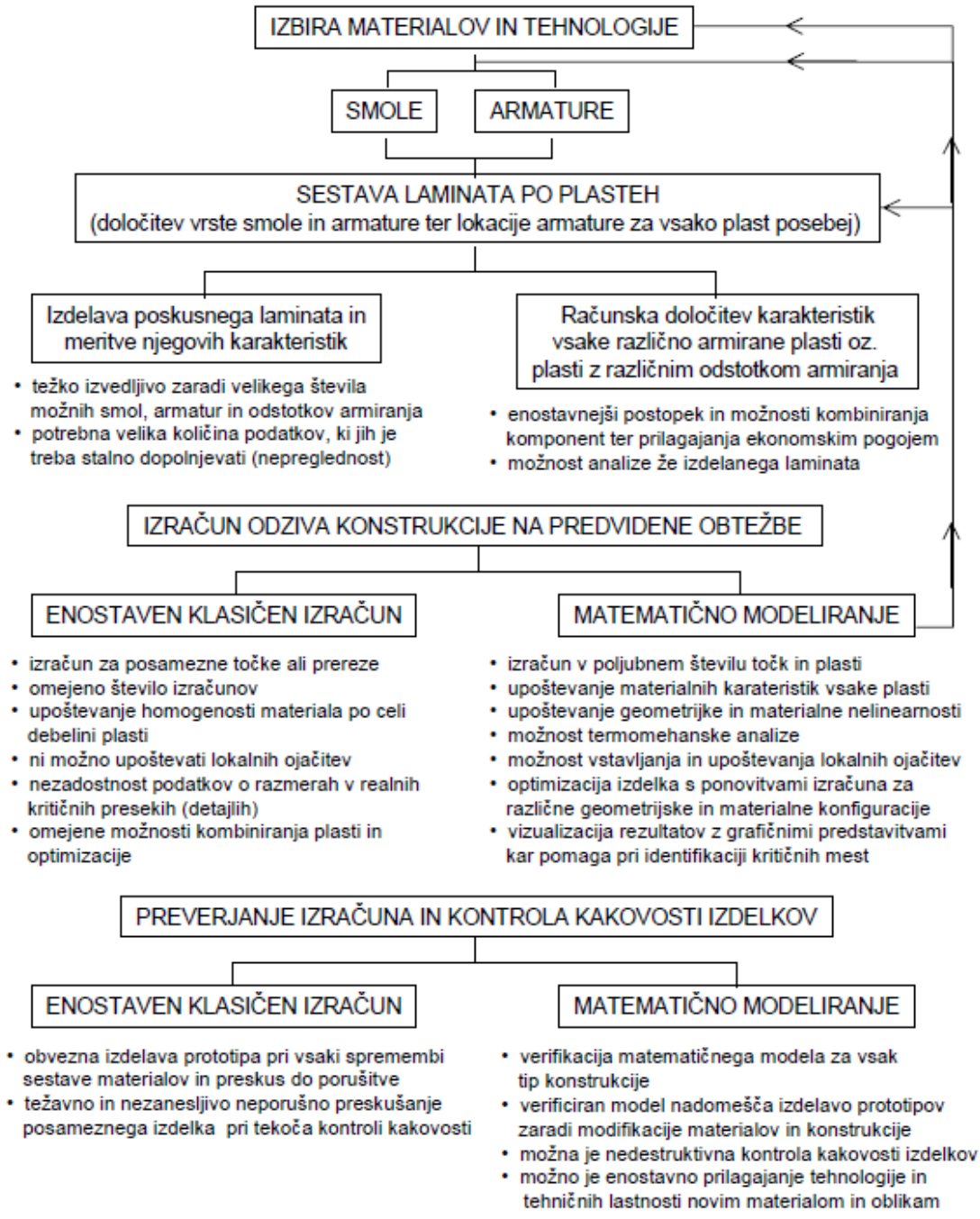
Pri vlivanju smol(slika) je ojačitveni material razporejen po dnu kalupa, tako da je postopek enostaven, kratek in poceni, kratka je tudi nega.

S postopkom vlivanja polimerne matrice pod pritiskom(slika) se lahko izdelujejo izdelki z jedrom, ki se ovije z grafitnimi vlakni, polimerna matrica pa ga enakomerno oblije. Stvar se po 5min odstrani iz kalupa.



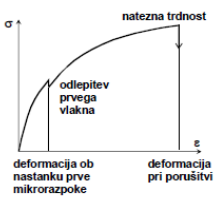
Ena izmed pomanjkljivosti ej zamudna izdelava, kar poviša ceno, dragi pa so tudi osnovni materiali, vendar pa se to ne more primerjati s prednostmi, tako da so vedno bolj zastopani v praksi in z njihovo razširitvijo in raziskavami pada tudi cena, akr bo še povečalo uporabnost.

Ker morata projektant in tehnolog pri tem močno sodelovati so potrebne tudi mnoge eksperimentne preiskave, na sliki na naslednji strani pa je prikazan pristop k projektiranju, ki ga je predlagal Makarovič in je še danes aktualen, sploh zaradi vse prisotne tehnologije.

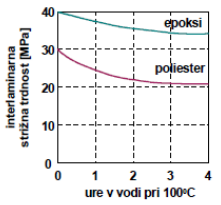


Trajnost armiranih plastik:

Armirane plastike so izpostavljene različnim vplivom, ki povzročajo staranje in propadanje. Korozijski procesi so počasni in nimajo velik vpliv, ima pa večji vpliv utrujanje in nastanek mikrorazpok, tiste v vlažnih okoljih pa uničuje pronicanje vode. Proces propadanja zato upočasnujejo gel-coat premazi in obdelava armaturnih vlaken, vendar pa ga na daljši rok ne moremo ustaviti.



Slika 83: σ – ε diagram laminata z vidno mejo nastanka mikrorazpoke



Slika 84: Primerjava izgube medplastne strižne trdnosti epoksidnega in poliesterskega laminata s stekleno tkanino pri pospešenem propadanju

Razvoj in vpliv mikrorazpok ter vpliv utrujanja:

Pri visokih obremenitvah se matričpna osnova začne ločevati od vlaken, ki ne potekajo povsem v smeri obremenitev. Te razpoke se postopoma širijo skozi matrico in se povezujejo v mrežo mikrorazpok. Tako sčasoma pride do porušitve, zato moramo upoštevati mejo prvih mikrorazpok kot mejo, ko se začne zmanjševati nosilnost.

Različni amteriali lahko dosegajo različne deformacije, pri steklenih tkaninah se tako pojavijo dosti hitreje kot pri porušitvi laminata. Epoksidne smole so bolj odporne na nastanek mirkorazpok kot poliesterske smole. Ker se mora vlakno pretrgati, mikrorazpoke v celoti ne vplivajo na nosilnost,je pa res da razpokani laminat vsrka več vode, tako se poviša teža, vlakna se odlepljajo in mehanske lastnosti se znižajo.

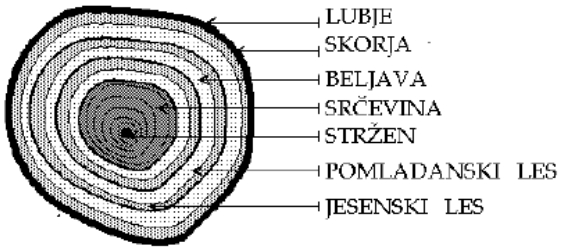
Odpornost na utrujanje je višje kot pri večini kovin in je odvisna od mirkorazpok in poškodb ter seveda odpornosti na utrujanje matrice.

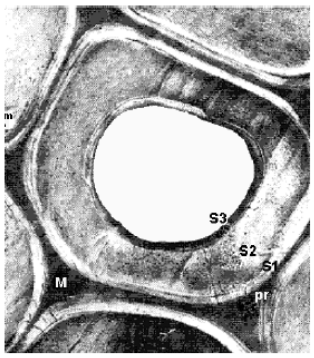
NARAVNI KOMPOZITI

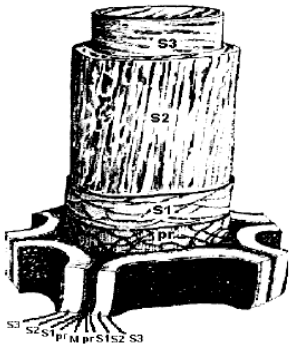
Les:

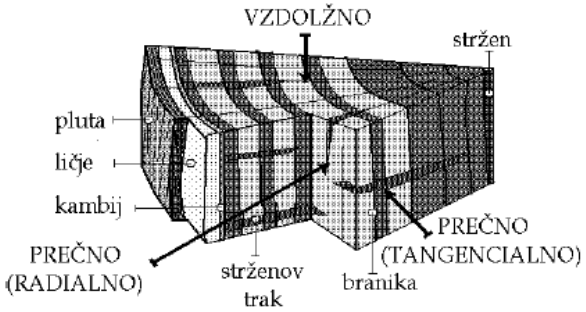
Les je vodilni izmed teh in je naravni, vlaknasti, organski kompozitni material, ki je večinoma sestavljen iz celuloze, olesenel pa je zaradi vložkov lignina. Suho lesno snov tovrijo ogljikovodiki (75%), fenolne snovi (20-30%) terpeni in ostale snovi. Ogljikovodiki so v glavnem polisaharidi-celuloza(polovica vseh OH), hemiceluloza, škrob itd.

Osnovni gradnik lesa je celica, ki ima, ko je še živa membrano in protoplazmo, z odmiranjem pa protoplazma izgine, ostane pa membrana in voda ter zrak. Celično emmbrano tvori 5 plasti in sicer: osrednja lamela M, primarna ovojnica pr in tri plasti sekundarne ovojnice (S1, S2, S3). Osrednja plast je amorfna in izotropna, ostale pa tvorijo mikrofibri (snopiči celuloznih in polisaharidnih verićnih molekul). Osrednjo lamelo tvori lignin. Celična membrana je pri madi rastlini tanka, ko drevo raste pa se S2 neenakomerno debeli, pri čem nastajajo piknje-neodebeljeni deli sekundarne ovojnice), ki olajšuje izmenjavo snovi med celicami.





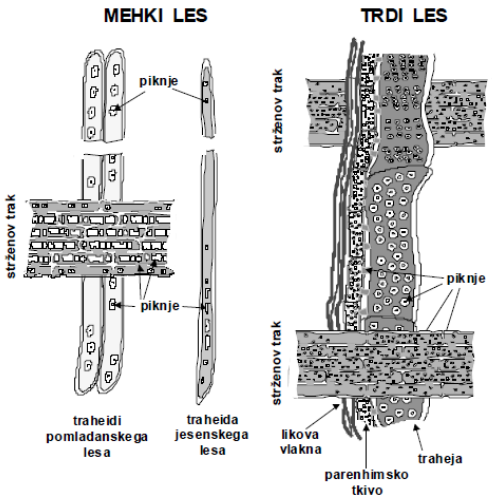




Strukturo lesa tvorita dve skupini tkiv; tkivo, ki nosi celotno zgradbo in tkivo, ki služi fiziološkim nalogam (hranjenje,izločanej rezervnih snovi) in ga delimo na tistega, ki prevaja snovi in tistega, ki akumulira in razporeja hranljive snovi. Starejši in osrednji del lesa, daje rastlini trdnost in uporo, na mlajšem zunanjem delu pa poteka prevajanje vode in rudninskih snovi.

Traheide so značilne celice iglavcev in so ozki prevajalni elementi, ki pri mlademu lesu opravljajo fiziološke naloge s prevajanjem snovi, pri staremu pa opravljajo mehanske naloge. Te skozi piknje izmenjujejo hranljive snovi in so zaprte, nastale pa so iz zaporedno nameščenih celic, katerih prečne stene so se razgradile ali so preluknane, vzdolžne stene pa so se močno odebelile. Lahko jih vidimo kot pore.Vzdolž debla iglavcev pa potekajo tudi smolni kanali pri katerih se iz sosednjih celic izloča smola.

Rast lesa omgooča tkivo kambij, ki sestoji iz celic, ki se lahko delijo v radialni smeri, zato drevo raste v radialni smeri v obliki koncentričnih plasti. Vsaka plast pomeni letni prirastek – letnico in je v enem delu širše, pomladanski les, v drugem pa ožje, jesenski les. Branika je meja med letnicama. Na sliki je poenostavljen detail radialnega prereza mehkega in trdega lesa.



Razlika v tehnični uporabi med tednim in mehkim lesom:

- celice mehkega lesa so razporejene v radialnih vrstah, pri trdem lesu pa so bolj naključno razporejene,
- mehki les je veliko bolj homogeno sestavljen kot trdi les,
- trdi les vsebuje radialne strženove trakove razli□nih debelin, pri mehkem lesu pa so ti manjši in enakomerne velikosti,
- traheje in likova vlakna so značilne celice trdega lesa,
- traheide so značilne celice mehkega lesa ter
-smolni kanali so značilni za mehki les

Lastnosti lesa:

Izgled vonj in okus lesa:

Barva lesa je naravni ton mehansko obdelane površine suhega lesa, ki so lahko od svetlo rumene, do temno rjave, pri tropskih pa so lahko barve tudi bolj žive. Barva je odvisna od gostote, strukture, količine primesi, atmosferskih vplivov, količine vode, vpliv toplote itd. Pomembna je pri presoju vrste in kakovosti lesa –izbira za pohištvo itd.

Tekstura lesa je pravilna ali nepravlna in je odvisna od notranje strukture lesa, oblike, dela debla, načina obdelave itd. Na osnovi teksture se loči vrsta lesa, obdelave (žagan, rezan, lupljen), ocenjujejo se tehnične značilnosti in izbira se namembnost.

Lesk lesa je njegova sposobnost odboja svetlobe, ki ga pa nimajo vse vrste ali pa je ta zelo slab. Pri eksotičnih vrstah je lesk še bolj izrazit, odvisen pa je od anatomske zgradbe lesa, vključkov, vpadnega kota itd. Masti in olja zmanjšujejo naravni lesk, vendar se ga da doseči tudi če les nima naravnega leska, ki pa omogoča mikroskopsko določanje vrste in estetski pomen.

Finost lesa se nanaša na velikost, razporeditev in potek vzdolžnih elementov lesne strukture ter pravilnost razporeditve letnic. Lahko je emra za homogenost strukture in obdelovalnost lesa.

Vonj lesa je značilen za vsako vrsto in je odvisen od vključkov in procesa razpadanja, sam les pa je brez vonja. Prijeten vonj imajo npr bor, macesen, so pa tudi primeri, ko nimajo prijeten vonj. Ta je lahko pomemben pri izbiri lesa, npr pri izdelavi embalaže.

Okus lesa je značilen za mnoge vrste vendar ga je težko definirati. Eksotične vrste imajo okus po popru, sladek okus, grenak okus itd.

Gostota lesa:

Les je proozen, ker je zgrajen iz trdnih celičnih membran in fine mreže por, zato moramo ločiti specifično maso lesne snovi in specifično maso lesa v celoti. Specifična masa lesne snovi znaša v povprečju 1500kg/m^3 in je enaka masi nejgove prostorninske enote po sušenju do kontantne mase. Nominalna gostota suhe lesne snovi pa je gostota pri 40% vlažnosti na prostorninsko enoto. Gostota lesa znaša pri nas okoli 300-100kg/m^3, po svetu pa so razponi še večji, 50-1400kg/m^3. Gostota ni enaka po celem lesu, saj je pomladanski les lažji od lesenskega in je masa lesa odvisna tudi od gostote letnic. V preglednici, računska masa lesa velja za 15-20% vlažnost lesa in se upošteva pri konstrukcijah, saj so te vrednosti zaradi varnosti nekoliko višje od dejanskih.

Vrsta lesa	Nominalna gostota (kg/m^3)	Računska gostota (kg/m^3)	Poroznost (%) les : pore : ostalo
smreka	450	600	25 : 74 : 1
bor	490	600	22 : 75 : 3
hrast	650	800	45 : 55
bukev	670	800	45 : 55

Vlažnost lesa:

Je odvisna od količine vode, ki je prisotna v lesni masi kot prosta ali vezana voda. Prosta kapilarna vode se neovirano pretaka vzdolž med lesnimi celicami, vezana voda pa je sestavni dle celičnih membran in vlaken ali pa je kemično povezana v lesni snovi. Prisotnost vode močno vpliva na kakovost lesa, saj vpliva na mehanske lastnosti in prostorninske sprmeembe, spreminja pa se lahko s tehnološkimi postopki. Odstotek vlage določamo z laboratorijskimi napravami in vlagometri (na principu električne prevodnosti) in je izražen kot prostorninsko razmerje med prostorninsko maso vlažnega lesa in prostorninsko maso suhega lesa.

Vlažnost se lahko zmanjšuje z naravnim sušenjem na zraku ali z umetnim v sušilnicah. Standard loči vlažnosti na sliki desno. Dopustne napetosti so določene za 15% vlažnost in je pri bistveno drugačni potrebno to upoštevati.

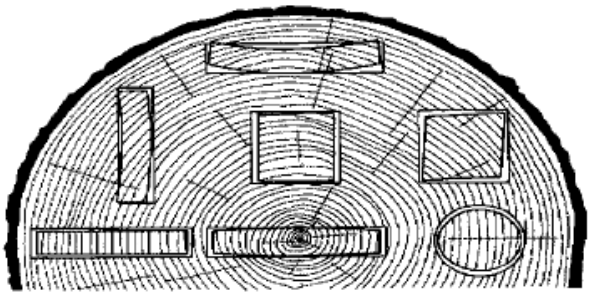
Higroskopnost lesa je posledica velike afinitne vode do celuloze in velike notranje površine lesa. V vlažnem okolju les neprestano vpija in izpareva vodo v odvisnosti od vlažnosti okolja, zaradi tega se stalno spreminjajo njegove dimenzije in masa. Les torej nabreka in se krči. V stadiju vsebuje maksimalno količino vezane vode samo vezano vodo, celične votline pa so prazne. Ko se vlaga spušča pod zasičeno količino se lesu spreminja prostornina in fizikalne ter mehanske lastnosti.

- prepojen (zasičen) les > 35%
- surov les 25 - 35%
- pol surov les 22 - 25%
- transportno suh les 18 - 22%
- zračno suh les 12 - 18%
- normalno suh les 12%
- prisiljeno posušen les 6 - 12%

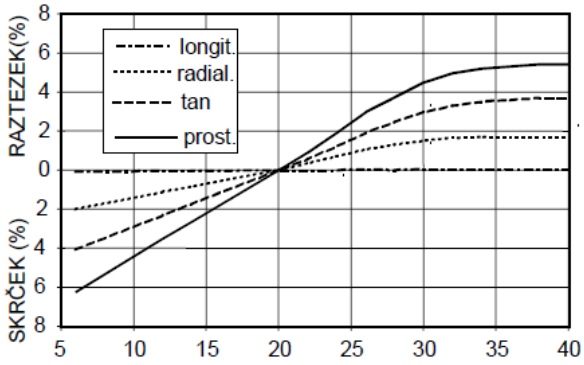
Krčenje in nabrekanje lesa:

Je posledica sušenja lesa in vpijanja vode med stanjem zasičenosti vlaken in stanjem standardne suhosti lesa. Les deluje neenako v vseh treh smereh.

Krčenje nastaj rpis ušenju lesa, s tem pa se zamnjša njegova gostota, saj les izgublja tudi vezano vodo in tako se tkivo zbije, kar povzroči zmanjšanje prostornine lesa. Zaradi neenakomernega sušenja in krčenja znotraj lesa se znotraj lesa povečujejo napetosti in nastajajo razpoke.



Nabrekanje pa nastane zaradi vpijanja vlage, pri čem se veča prostornina, proces pa se ustavi ob nasičenju lesnih vlaken z vodo, ko les neha »delovati«. Pri nadaljnem se povečuje le gostota lesa. Podobno kot pri krčenju so največje obremenitve v tangencialni smeri, zato je pri projektiranju lesenih konstrukcij potrebno upoštevati nabrekanje, zlasti pri oblogah (parket itd).
Zgoraj desno so značilne deformacije lesa zaradi krčenja, spodaj pa diagram krčenja in nabrekanja.



Vrsta lesa	Smer			Sprememba prostornine (%)
	vzdolžna (%)	radialna (%)	transv. (%)	
jelka	0,001	0,038	0,076	0,117
smreka	0,003	0,036	0,078	0,120
bor	0,004	0,040	0,077	0,124
bukev	0,003	0,058	0,118	0,176
hrast	0,004	0,040	0,078	0,126

Vrednosti linearnih raztezkov se lahko razlikujejo pri enakih vrstah lesa, zato so bolj bistvene krivulje, ki pa so značilne za posamezno vrsto lesa.

Termične lastnosti lesa:

Les slabo prevaja toploto in se pod vplivom temperature malo deformira, ima pa veliko kaloričnost. Koeficient toplotne prevodnosti je odvisen od strukture, vrste, prostorninske mase, vlažnosti itd. lesa. Porozen in lahek les slabše prevaja toploto kot zbit in težak les. Povprečna vrednost koeficienta na sobni temperaturi je med 0.191 in 0.284.

Koeficient tempraturnega raztezka je odvisen od vrste lesa, prostorninske mase, smeri vlaken itd. Je pomemben pri tolmačenju poškodb zaradi naglih temperaturnih sprememb in pri obravnavanju požarne varnosti in znaša v temperaturnem območju -50-50°C okoli 1.6×10^{-5}. Pri dimenzioniranju upoštevamo za iglavce in listavce enake raztezke v radialni in tangentni smeri in različne za prečno smer.

Kaloričnost je količina toplote, ki j pri izgorevanju sprosti enota lesne mase od trenutka ko zagori, do ohladitve na temperaturo kondenzacije vodne pare in znaša pri listavcih in iglavcih 17 in 19 MJ/kg.

Električne lastnosti lesa:

So pomembne pri predelave in pridelavi, saj so povezane z njegovo vlažnostjo. Prevodnost suhega lesa je zelo nizka (izolator), je pa sorazmerna vlažnosti in gostoti.

Akustične lastnosti lesa:

Je izredno akustičen material in se uporablja v prostorih, kjer je porebno zagotoviti akustičnost. Širjenje zvoka ovirajo poškodbe in nepravlinosti v lesu in nehomogena setsava. Vodljivost zvoka je lastnost, ki omgooča akustično oceno kakovosti in zdravosti lesa. Zdrav les se na udarec odzove z jasnim in kratkim zvokom, trhel pa z zamolknim in kratkim. Za votel les je značilen zamolkel in dolgi.

Optične lastnosti lesa:

Svetloba ne prodira globoko v les, zato tudi osončen les ne osivi globoko. Prepustnost povišujeta vlaga in smola, les pa v odvisnosti od svoje gostote dobro prepušča rentgenske žarke.

Požarna odpornost lesa:

Gorenje gradiv pogojujejo vnetljivost, intenzivnost gorenja in širjenje plamena, zadimljivost, izločanje strušene snovi, naknadno tlenje, pokanje in deformiranje in sprememba agregatnih stanj med požarom.

Pri gorenju lesa se ne sprošča veliko strušenih snovi, ne nastajajo deformacije, stanje pa tudi ostaja nespremenjeno. Preostale lastnosti so slabost lesa, saj je ta porozen in oksidira, če je vlažen pa je nevnetljiv. Težje ga vnetimo, če je gostejši in manj porozen.

Vnetljivost je pogojena s tempraturo, saj se pri različnih temperaturah v lesu dogajajo različne snovi (izparjevanje vode, obrarvanje, eksotermična reakcija,..) Od tega na kakšni temperaturi je, je tudi odvisen čas v katerem se les vneti.

Temperatura (°C)	200	250	300	400
Čas vnetja (min)	25	16	6	2,5

Pri segrevanju lesa do 100°C izpareva voda in les se suši. Tudi pri zunanji temperaturi nad 100°C temperatura na površini in v notranjosti lesa ne preseže te meje, vse dokler ne izpari vsa voda.

Med 100°C in 275°C iz lesa izhajajo plini, ki vsebujejo okoli 70% negorljivega CO_2 in 30% CO ter nekaj destilatov na osnovi kislin in alkohola. Les se obarva rjavkasto.

Pri 275°C reakcija postaja eksotermična z razvojem toplote in bogatim razvojem plinov. Struktura plinov se spreminja, hitro se zmanjšuje delež CO_2 in povečuje prisotnost ogljikovodikov. Les se obarva temno rjavo.

Nad 350°C se zmanjša količina plinov, a so skoraj vsi vnetljivi. Ogljikovodiki nadomeščajo večino CO_2, izloča pa se tudi vodik, ki skupaj z ostalimi plini ustvarja zelo vnetljivo mešanico.
Nad 450°C se iz površinskih delov lesa naglo in v veliki koli□ini izločajo večinoma vnetljivi plini. Ker so bogati z ogljikovodiki in vodikom, je ob prisotnosti kisika iz zraka gorenje zelo intenzivno. Les se dodatno ogreva po globini, kar povzroča nova izločanja plinov, gorenje pa postaja progresivno. Površina lesa se prekrije z ostankom gorenja - lesnim ogljem.

Gorenje se ohranja vse dokler je v okolici prisoten kisik in je dovolj visoka temperatura povrhnjice lesa. Včasih pa se na zunanji strani naredi zogljenela plast, ki preprečuje kisiku prodor v notranjost in zavira gorenje.

Pri vrednotenju materialov, ki so uporabni za odpornost konstrukcije na požare se upoštevajo naslednji parametri:

- -Višina temperature na nesegrevani površini
- -Pojav razpok v elementu
- -Prodor plamena
- -Nosilnost in deformaibilnost

Lesene konstrukcije zdržijo pri požarih nekje 20-70 minut in imajo v primerjavi z jeklenimi očitne prednosti, saj so s poskusi dokazali, da pri določeni obremenitvi zdrži mnogo dlje kot jekleni profil, kar je posledica dobre toplotne prevodnosti jekla, majhnega prereza zaradi nosilnosti materiala in velikega vpliva povišanih temperatur na mehanske lastnosti jekla.

Lesu se prav tako znižajo mehanske lastnosti, saj se mu pri 100°C zmanjša natezna trdnost za 10%, tlačna za 50%, upogibna in moduli elastičnosti pa za 30%. Povečamo mu jih lahko z večjim dimenzioniranjem in z uporabo zaščitnih oblog, premazov in impregnacij. Za kemično zaščito se uporabljajo snovi, ki razpadejo pri nizkih temperaturah in tvorijo plast na površini lesa, ki ovira izločanje plina in prodor toplote in ksiika v notranjost. Snovi morajo biti trajne in odporne in se ne smejo spreminjati v toksične pline.

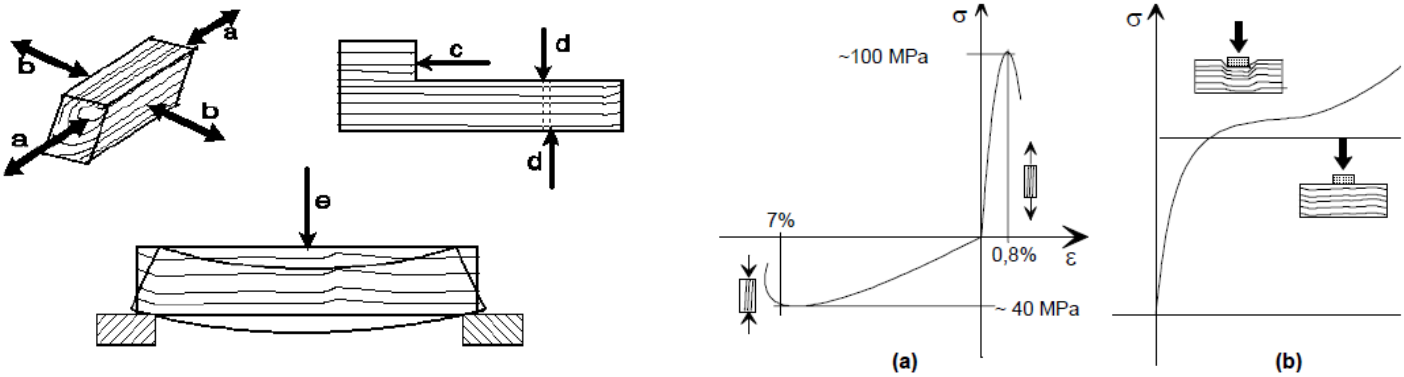
Modul elastičnosti lesa:

Modul elastičnosti znaša od 3000-25000 MPa v radialni smeri, v ostalih pa 4-17% (max 4% v vzdolžni). Modul v različnih smereh je pomemben pri različnih korakih dimenzioniranja pri projektiranju, moramo pa tudi ločiti module iglavcev in listavcev. Različen je tudi v smeri obremenjevanja, saj je največji pri natezni, najmanjši pa pri strižni.

Trdnost lesa:

Natezna trdnost je bistveno večja v smeri vlaken kot v prečni smeri in znaša od 10-225MPa, različna pa je pri različnih vrstah lesa in njihovih lastnostih.

Tlačna trdnost znaša 10-110MPa in je v smeri vlaken mnogo višja od tiste v prečni smeri. Zaradi značilne strukture lesa, ki ima prazne prostore znotraj vlaken, se pri določeni obremenitvi ti prostori stisnejo, les se pod obtežbo stisne in tako zbit prevzema rastočo obremenitev.Na sliki spodaj levo so prikazane različne obremenitve lesa, na desno pa je prikazana odvisnost specifičnih deformacij lesa od osne obremenitve v smeri vlaken (a= v smeri vlaken, b=prečno na smer vlaken)



Vpliv dinamične in trajne obtežbe:

Les dobro prenaša kratkotrajne ciklične obremenitve, dolgotrajne pa znižujejo njegovo nosilnost in togost. Trdnost se zmanjšuje z logaritmom časa in obremenitve. Raziskave so tudi pokazale, da se trdnost zmanjša za 40% in da se lahko les pri dolgotrajni obremenitvi s 60% nosilnosti po določenem času zruši. Pod trajno obremenitvijo se deformacije povečujejo zaradi tečenja in so proporcionalne med seboj pri stalni vlažnosti, zato poznamo koeficient tečenja.

Trdota:

Trdota se določa z vtiskanjem jeklene kroglice, les pa je v vzdolžni smeri mehkejši kot v prečni smeri glede na vlakna. Klasificiramo ga v 6 trdnotnih stopenj:

V Sloveniji uporabljamo mehke vrste in trde, koščeno trde pa so eksotičnega porekla

-Zelo mehak
-Mehak
-Srednje trd
-Mehak
-Zelo trd
-Koščeno trd

Odpornost na obrabo:

Je sposobnost, da se upira mehanskim spremembam pri delovanju obtežbe in drugih zunanjih vplivov in je povezana s trdoto, ampak ni istovetna. Odvisna je od vrste, strukture, specifične mase, smeri vlaken, vlažnosti, načina obdelave itd.

Kakovost lesa:

Izraža se s koeficientom kakaovosti, ki je razmerje med trdnostjo in prostorninsko maso lesa, višji kot je ta koeficient, bolj je primeren za konstrukcije. Zanimivo je, da so tisti pri lesu višji kot tisti pri konstrukcijskem jeklu. Po jugoslovanskih standardih je razdeljen v 3 skupine:

-I. kategorija: Zelo nosilen. Uporablja se v izjemnih primerih ali na krajših odsekih, ki so lokalno močno obremenjeni.

-II. kategorija: Običajno nosilen. Uporablja se v vseh konstrukcijskih elementih razen v primerih, ko je za uporabo primeren tudi les III. kategorije.

III. kategorija: Manj nosilen. Uporablja se tam, kjer slabša kakovost ne povzroča škodljivih posledic, kjer so elementi zaradi konstrukcijskih razlogov močno predimenzionirani in pri pomožnih ter začasnih konstrukcijah.

Napake v lesu in poškodbe lesa:

Napake predstavljajo že različni upogibi, neenakomerna rast in grčavost, saj zmanjšujejo mehanske lastnosti, včasih pa so te napake tudi zaželjene. Lahko so manjše (smolni žepski, sledi insektov), lahko pa večje (grče, razpoke, zvitost). Lahko so posledica bolezni, insektov, rasti itd.

Naravne napake:

Te vplivajo na čistost, zakrivljenost in jedrnost jedra. Ščenih Iglavci so bolj čisti, saj imajo na deblih manj vej kot listavci. Jedrnatost je večja, če je jegova oblika bližja obliki idealnega valja. Če upoštevamo vse tri dobimo pravilni prečni prerez, ki mora biti tudi eksocentričen, pomembna pa je tudi smer poteka vzdolžnih vlaken v primerjavi s potekom osi, ki bi pri pravilnih morala biti vzporedna.

Grče so izhodišča živih in mrtvih vej in jih ima vsako drevo ter jih ločimo po nastanku, vraščenosti ij zraščenosti, velikosti, obliki, zdravosti. Zraščene (žive) za razliko od nezraščenih (mrtvih) ne odpadajo. Lahko so zdrave ali trhle.

Smolni žepki so podolgovate votlinice, ki so zapolnjene s smolo znotraj ene letnice in potekajo vzporedno z mejo letnice.

Reakcijski les je tkivo, ki natsane na nasprotnih smereh ekscentričnega prečnega prereza debla. Pritisnjen les- temnejši vsebuje več lignina in manj celuloze, nategnjeni-svetlejši pa več celuloze in mineralne snovi in manj lingnina.

Obkrožljivost je odstopanje plasti vzdolž mej med letnicami in je delna ali polna. Zmanjšuje mehanske lastnosti.

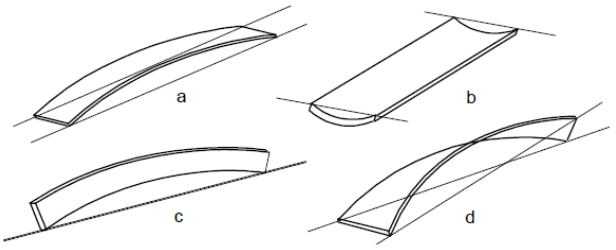
Razpokanost lahko poteka navzven proti zunanjim plastem, lahko pa od lupine navznoter. Prva vrsta razpok je pgoosta v podnožju starih debel, druga vrsta pa nastane zaradi velikih temperaturnih sprememb.

Napake nastale pri obdelavi lesa:

Veliko napak nastane med sušenjem, to so površinske razpoke, čelne razpoke, notranje razpoke, zvijanje itd.

Površinske razpoke nastajajo v začetnem stanju sušenja in se kasneje lahko zaprejo. Niso škodljive, ker so plitve in se odstranijo z obdelavo

Čelne razpoke nastanejo pri ostrih režimih sušenja zaradi notranjih razpok ali nepravilnosti in potekajo od periferije proti sredini debla ter zmanjšujejo mehanske lastnosti in trajnost, saj med razpokami prodira vlaga.



Zvijanje je posledica nepravilnega poteka vlaken vzdolž debla in neustreznega sušenja. Na sliki so prikazane najpogostejše oblike zvijanja lesnih elementov.

Površinske napake so vidne v obliki reliefnosti (obdelava vlažnega lesa), kosmatosti (les z manj paraheimskega tkiva) in trskavosti površine (suhi les obdelan s topim orodjem).

Druge vrste napak in poškodb:

Barvne napake so posledice delovanja insektov, nepravilnega procesa rasti v obdobju hladnih zim, vdor kisika in delovanje glivic – preperelost, vlaga v lesu pri iglavcih. Glivice poleg sprememb barv povzročajo tudi resne poškodbe saj vplivajo na konsistenco. Pri gnilobi propada celuloza, lignin itd (odvisno od vrste gnilobe, bela ali rjava).

Insekti povzročajo poškdobe in škodo, ki je v primerjavi z ostalimi vplivi največja, saj nekatere vrste napadajo živa debla, neobdelan les, lesne izdelke in vgrajen les ter jih uporabljajo za hrano in prebivanje. Škodo povzročajo z rovi, ki prekinjajo kontiniuteto lesnih vlaken, uničujejo površino in omogočajo prodor zunanjih vplivov v globino. Pogosti škodljivci so ličinke, termiti, lubadarji, lesna osa itd.

Morski škodljivci napadajo les, ki ga stalno obkroža morska voda ali pa je izpostavljen bibavici. Najpogostejši so ladijski črvi, leseni rakci in školjke svedrovke, ki so izrazito nevarne, saj lahko zelo hitro porušijo lesno strukturo.

Trajnost lesa:

Naravna trajnost je časovno obdobje v katerem les obdrži svoje naravne lastnosti (barvo, strukturo, mehanske lastnosti). Delovanja vplivov iz okolje zmanjšujejo trajnost, zato se uporablajjo različna zaščitna sredstva, ki jih omejujejo. Na čistem in suhem zraku ali v vodi je les praktično neomejeno trajen, če je le zaščiten pred organizmi. Na razpadanje lesa pa močno vplivajo spremembe, torej je les najbolj obstojen če je samo v vodi ali pa samo na suhem zraku.

Predelava lesa:

V gozdu obdelan les:

V gozdu se masa podrtega drevja predela v industrijski les, kurivo in les za oglje. Gradbeni les se loči na: -Obli les (prečni razrez za naposredno uporabo – jamborji, stebri, piloti ali nadaljno obdelavo-žagan les, furnir, železniški pragovi)

-Tesan les (se deluje s tesanjem iz debel in to tehniko danes zamenjuje žaganje. Uporablja se v ladjedelstvu, za gradnjo ostrešij, mostov itd.)

Končno predelan les:

Žagan les se klasificira po vrstah, oblikah prečnega prereza, položaju v deblu, teksture, letnicah, vrsti in stopnji predelave, izmerah, kakovosti, namenu itd. Osnovna oblika za nadaljne razreze je prizma, ki se dobi z vzdolžnim žaganjem z vzporednimi žagami. Standarzidirane mere so prikazane v pregledici spodaj.

Železniški pragovi: So posebna vrsta rezanega lesa in so trdni, ekonomični, dušijo zvok in vibracije, so dinamično odporni in se dobro držijo pritrdilnega sredstva. Izdelujejo se iz izranega lesa trdne strukture brez poškodb, ki jih zaradi obstojnosti še impregniramo. Življenjska doba lahko tako znaša tudi 30 let.

Parket: Je najboljša lesena obloga pdoov in se izdeluje v obliki lamel, deščic in plošč iz kakovostnega trdega lesa. Najpogostejši je pri ans hrastov in bukov, manj pogosti pa so javorov, brestov ali eksotičnih vrst.

Lepljen žagan les: Je za nosilne konstrukcije in je kompozit iz lesenih lamel z vzporednimi vlakni in dvokomponentnih disperzijskim lepil iz umetnih smol. Tak material ima enakomerne in višje mehanske lastnosti kot sam les, zato se lahko izdelujejo elementi različnih oblik in razpetin.

Oblika	Debelina (mm)	Širina (mm)	Izmere prereza (mm)	Dolžina (m)
deska	12, 18, 24, 28, 38	> 80		3,0 - 6,0
ploh	48, 76, 96	> 100		3,0 - 6,0
letev			6/24, 12/38, 12/48, 18/38, 18/48, 24/24, 24/38, 24/48, 8/28, 8/38, 28/48	1,0 - 1,25 2,0 - 2,75 3,0 - 6,0
tramič			38/48, 38/76, 48/48, 48/76, 76/76, 76/100, 100/100	2,0 - 2,75 3,0 - 6,0
tram		> 100	po naročilu	
Standardizirane dolžine rastejo po 25 cm.				

Furnir: Je tanek list lesa, ki se pridobiva z žaganjem, rezanjem ali lupljenjem in ga ločimo na vidni(plemeniti) ali slepi(podložni) furnir. Izdeluje se iz kakovostnega lesa in eksotičnega lesa. Plemenite (vidne) se izdelujejo z žaganjem in rezanje, podložne pa z lupljenjem – ti se pogosto imenujejo kar konstrukcijski, saj se iz njih izdelujejo konstrukcijske vezane plošče.

Furnirske vezane plošče: So plošče iz lihega števila navskrižno zlepljenih listov furnirja, tako da je plošča glede na srednji list povsem simetrična. So različnih debelin, od 4 pa do 12mm in še več, odvisno od števila listov. Posebne vrste kakovostnih in obstojnih plošč se uporabljajo v ladjedelništvu in letalski industriji.

Vezane plošče: So obstojne oblike, enakomernih mehanskih lastnosti, upogljive, odporne proti vrtanju in žebljanju ter ekonomične. Iz njih izdelujemo ploskovne konstrukcijske elemente visokih površin.

Panelne plošče: So sestavljene iz jedra iz medsebojno zlepljenih letvic ali pokončnih trakov. Jedro je na obeh straneh obloženo s furnirjem, katerega vlakna potekajo pravokotno na smer letvic. Uporabljajo se za izdelavo pohištva, vrat, oblog in povsod tam, kjer so potrene velike ravne površine stabilnih izmer in oblik.

Iverne plošče: Se izdelujejo iz lesenih iveri in drugih ligno-celuloznih snovi ter lepijo z organskimi lepili in katalizatorji pod pritiskom in pri določeni toploti in vlagi. Izdelujejo se lahke, srednje težke, in težke ali trde. Lasko so enoplastne ali triplastne, pri katerih so v sredini bolj grobe in cenejše iverje kot na površinah. Površinsko oplemenjevanje plošč zviša trdnost, površinsko odpornost in obstojnost ter estetsko vrednost. Oblagajo se z furnirji, folijami, papirji in dekorativnimi ploščami. Uporabljajo se za izdelavo pohištva, predelnih sten, oblog in pri gradnji mentažnih hiš.