



Tēma 7

VIENKĀRŠO MATERIĀLU VEIDI. METĀLI

7.1. IEVADS

Metāli (lat. *metallum*, gr. *metallon*: raktuve) ir vielas, kuru raksturīgākā iezīme ir liela *brīvo*, ar atomiem cieši nesaistīto, *elektronu* koncentrācija tiem atrodas kondensētā stāvoklī. Šie elektroni nodrošina metālu atomu savstarpējo saistību – *metālisko saiti*, kas savukārt nosaka visu metāliem raksturīgo īpašību kopumu.

Ar vairākām visiem metāliem raksturīgām īpašībām mēs jau iepazīsimies.

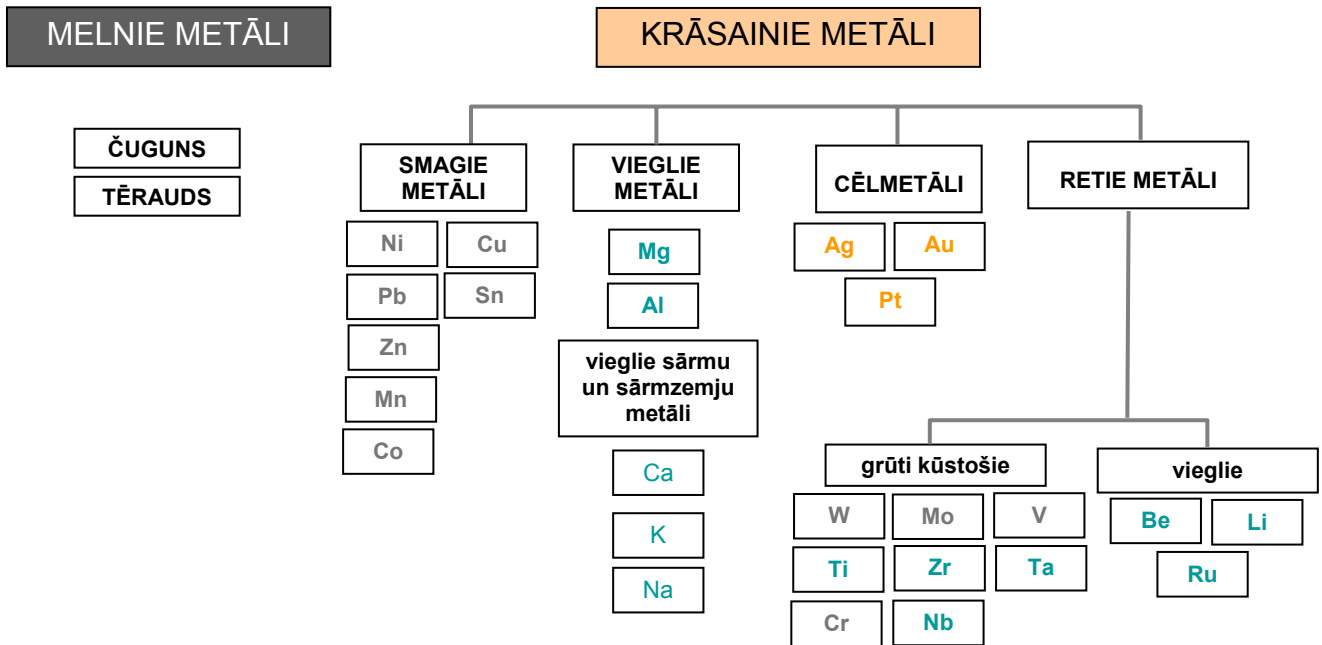
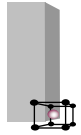
Brīvie elektroni spēj viegli pārvietoties metāla tilpumā. Brīvo elektronu plūsma nosaka visu metālu lielo *elektrovadītspēju* un lielo *siltuma vadāmību* (6. ...). Sildot metāli *emitē elektronus* (metālu emitēto elektronu plūsmu izmanto, piemēram, elektronu mikroskopijā. Mēs redzējam arī, ka metāli efektīvi *atstaro* elektromagnētisko starojumu. Tāpēc visiem metāliem raksturīgs „metāliskais” spīdums.

7.2. METĀLU IEDALĪJUMS

Pie metāliem pieder vairāk kā 80 ķīmisko elementu (apmēram 4/5 no visu periodiskās sistēmas elementu skaita).

Metālus iedala divās lielās grupās: **melnos** (dzelzi saturošos) metālos un **krāsainos** metālos (7.1. att.).

Savukārt krāsainie metāli dalās *smagos* metālos (Ni, Cu, Pb, Sn, Zn, Mn, Co; šo metālu blīvums atrodas robežās $7 - 12 \text{ g/cm}^3$), *vieglajos* metālos (Mg, Al u.c., šo metālu blīvums atrodas robežās $1,7 - 2,7 \text{ g/cm}^3$), un *cēlmetālos* (Ag, Au, Pt u.c.).



7.1. att. Metālu iedalījums

No tehnikā izmantojamiem tikai nedaudzu metālu saturs zemas garozā ir pietiekami liels. To vidū: Al – 8,8%, Fe – 4,7%, Mg – 2,1%, Ti – 0,63%. Pārējo metālu saturs ir mērāms procentu simtdaļās (Cu, Mn, Cr, V) vai pat procentu tūkstošdaļās (Zn, Sn, Pb, Ni, Co)

Pie krāsainiem metāliem pieder arī tā saucamie *retie* metāli, kopā vairāk par 50. To saturs zemas garozā nedaudz pārsniedz 0,5% (no tiem Ti – 0,46%).

Praksē izmanto gan tīrus metālus, gan *sakausējumus* ar citiem metāliem vai nemetāliem.

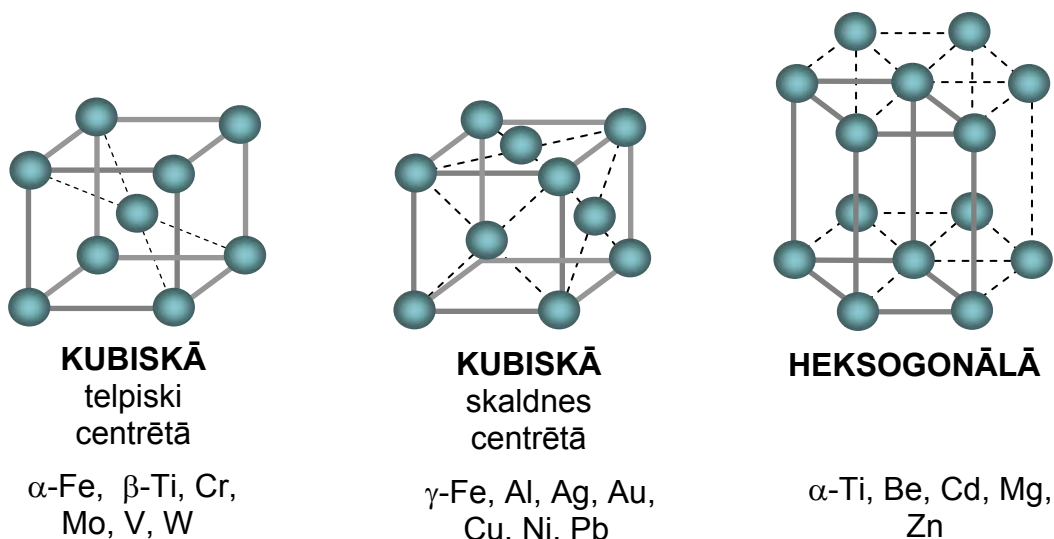
7.3. METĀLU STRUKTŪRAS ĪPATNĪBAS

Metāli ir *kristāliskas* vielas ar *graudainu* (polikristālisku) struktūru. Tā piešķir metāliem specifisku fizikāli-mehānisko īpašību kopumu. Tas attiecas gan uz metālu ekspluatācijas īpašībām, gan arī uz metālu tehnoloģiskajām īpašībām un nodrošina metālu visplašāko izmantošanu materiālu tehnikā un tehnoloģijā.

Metālu struktūra ir sarežģīta. Šo struktūru veidošanās procesi, kā arī struktūras un īpašību kopsakars ir pietiekami komplicēti. Tāpēc mēs šī kursa ietvaros iepazīsimies tikai ar svarīgākām metālu struktūras iezīmēm, atstājot detalizētāku iztirzāšanu tādām disciplīnām kā „*Materiālu struktūra un īpašības*” un „*Metāli un sakausējumi*”.

Lielākās daļas metālu kristāliskie veidojumi atbilst divām vienkāršām kristālu sistēmām (4.5.) *kubiskai* un *heksagonālai*; 7.2. att. uzskaitīti daži praksē vairāk izmantojamie metāli un to kristalizācijas sistēmās.

Viens un tas pats metāls, atkarībā no kristalizācijas apstākļiem, spēj kristalizēties dažādās modifikācijās, kuru kristālu sistēmas atšķiras. Tā, piemēram, dzelzs kristalizējas gan telpiski centrētā (α -Fe), gan skaldnes centrētā (γ -Fe) kubiskā sistēmā (7.2. att.).



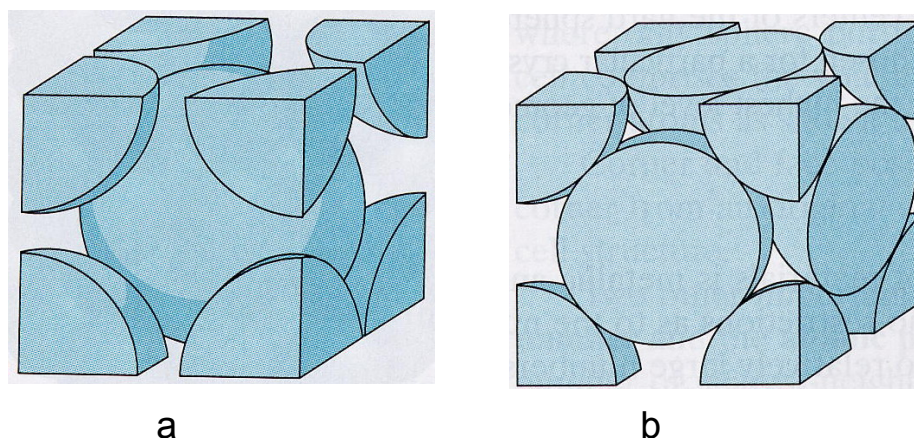
7.2. att. Daži praksē vairāk izmantojamie metāli un to kristalizācijas sistēmās.



7.2. att. kristalizācijas sistēmu elementāršūnas attēlotās shematiski: lodītes neattēlo atomus, bet tikai simbolizē elementāršūnas ģeometriskos punktus.

Metāla atomiem ir lodveida forma un elementāršūnā tie savstarpēji saskaras. Attēlosim telpiski centrētas (a) un skaldnes centrētas (b) kubiskās kristalizācijas sistēmas elementāršūnu ar tajā ietilpstošiem atomiem (7.3. att.).

Kā redzams no attēla, telpiski centrētas kubiskās kristalizācijas sistēmas elementāršūnā ietilpst 2 atomi (1 vesels un 8 astotās daļas); skaldnes centrētas kubiskās kristalizācijas sistēmas elementāršūnā ietilpst 4 atomi (6 puses un 8 astotās daļas);



7.3. att. Atomu izkārtojums telpiski centrētas kubiskās kristalizācijas sistēmas elementāršūnā

Atomu izkārtojumu elementāršūnā raksturo telpas aizpildīšanās vai *pakoju*ma koeficients K_{pak} :

$$K_{\text{pak}} = V_{\text{at}} / V_{\text{el}} \quad (7.1)$$

kur, V_{at} - elementāršūnā ietilpstošo atomu tilpums, V_{el} - elementāršūnas tilpums.

K_{pak} vērtības trim tipiskām metālu kristalizācijas sistēmām ir sekojošas: kubiskā, telpiski centrētā – 0,68; kubiskā, skaldnes centrētā un arī heksagonālā 0,74. Divas pēdējās atbilst kompaktākam ložu izkārtojumam telpā.



Tādu svarīgu metāla struktūru raksturojošu lielumu kā *blīvumu* ρ nosaka atomu atommasa A un elementāršūnas tilpums V_{el} :

$$\rho = \frac{n A}{V_{el} N_A} \quad (7.2)$$

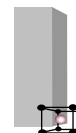
kur, n – atomu skaits elementāršūnā, N_A – Avogadro skaitlis ($6,023 \cdot 10^{23}$).

Dažu metālu atommasas, atoma rādiusa un blīvuma vērtības apkopotas 7.1. tabulā

7.1. tabula

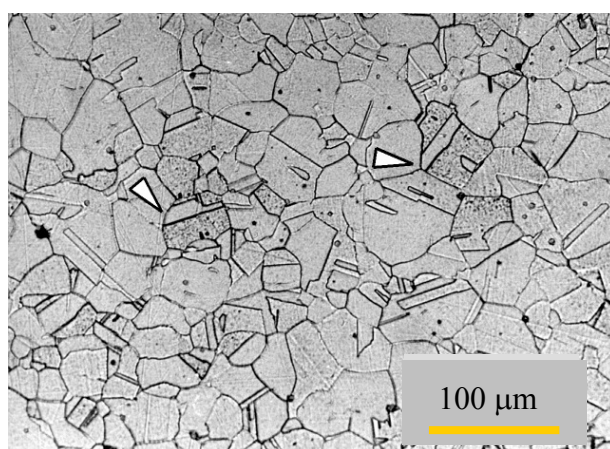
Dažu metālu struktūras raksturojumi

Metāli	Atommasa, at.mas.vien	Atoma rādiuss, nm	Blīvums, ρ g/cm ³
MELNIE METĀLI			
Fe	55,85	0,124	7,87
KRĀSAINIE METĀLI			
smagie metāli			
Ni	58,69	0,125	8,80
Cu	63,55	0,128	8,93
Pb	207,2	0,175	11,34
Sn	118,69	0,151	7,28
Zn	65,39	0,133	7,14
Mn	54,94	0,112	7,43
Co	58,93	0,125	8,90
vieglie metāli			
Mg	24,31	0,160	1,74
Al	26,98	0,143	2,70
cēlie metāli			
Au	196,97	0,144	19,32
Ag	107,87	0,144	10,49
Pt	195,08	0,139	21,40
W	183,85	0,137	19,60
retie metāli			
Mo	95,94	0,136	10,18
V	50,94	0,132	5,49
Cr	52,00	0,125	7,19
Ti	47,88	0,145	4,50

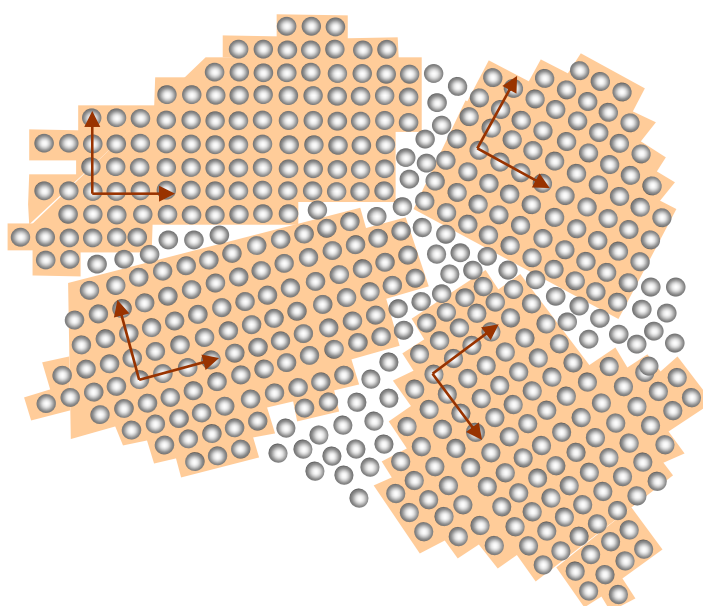


Kā redzams, 7.1. tabulā minēto metālu atomu rādiuss atrodas samērā šaurās robežās: no 0,112 (Mn) līdz 0,175 nm (Pb), kamēr atommasa mainās būtiski - no 24,31 (Mg) līdz 207,2 (Pb). Jo lielāka metāla atommasa un mazāks atoma rādiuss, jo lielāks metāla blīvums.

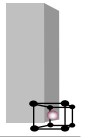
Metālu kristālisko veidojumu – *graudu* – izmēri reti pārsniedz $10^2 \mu\text{m}$ (7.4 att., redzami atsevišķi graudi, tumšās līnijas – graudu robežas). Taču pat, ja kāda grauda dimensija ir 1 μm līmenī, arī tad tā 10^4 pārsniedz metāla atomu izmērus. Tas nozīmē, ka metālu kristāliskie veidojumi atbilst *tāla sakārtojuma* kritērijam.



7.4. att. Fe, Cr un Ni sakausējuma struktūras elektronu mikroskopisks attēls



7.5. att. Metālu graudainās struktūras shematisks attēls



Graudu struktūra shematiski parādīta 7.5. att. (atsevišķi graudu laukums ir iekrāsots). Redzams, ka graudu ietvaros atomu izkārtojums ir vienāds. Taču graudu kristāliskā režģa asis ir savstarpēji dažādi orientēti.

Graudiem ir neregulāra forma un atšķirīgi izmēri.

Robežrajonos starp graudiem atomu izvietojums ir neregulārs.

Daudzas metāla īpašības (galvenokārt mehāniskās) ir atkarīgas no metālu polikristāliskās struktūras parametriem:

- atomu izkārtojuma grauda ietvaros,
- graudu formas un izmēriem,
- graudu savstarpējās orientācijas,
- atomu izkārtojuma robežrajonos.

Šo struktūras parametru optimizēšana ir svarīgākais metālu materiālzinātnes uzdevums.

7.4. METĀLU IEGŪŠANA

Zinātnes, tehnikas un tehnoloģijas nozare, kas pārziņā metālu rūpniecisko ražošanu un primāro apstrādi ir **metalurģija** ((gr. *metallon*: raktuve + gr. *ergon*: darbs).

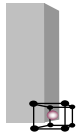
Tikai daži metāli (zelts, platīns, sudrabs u.c.) ir dabā atrodami tīrā veidā. Pārējos iegūst no dabā sastopamiem metālu ķīmiskiem savienojumiem (galvenokārt oksīdiem), kuras sauc par *rūdām*.

7.4.1. RŪDU IEGŪŠANA UN APSTRĀDE

Rūdas iegūst kalnrūpnieciskos procesos no atradnēm zemes dzīlēs lielākā vai mazākā dziļumā. Lielos rūdas gabalus drupina un smalcina. Pēc tam rūdu bagātina – atbrīvo no piemaisījumiem.

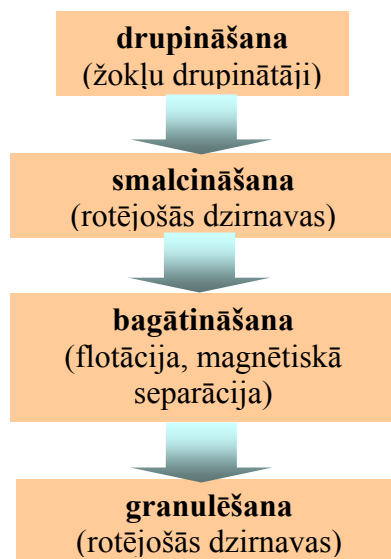
Piemēram, *dzelzi* saturošu rūdu (dzelzs oksīdu) apstrāde notiek pēc sekojošas shēmas (7.6. att).

Rūdas *drupināšana* un *smalcināšana* ir enerģētiski ietilpīgi procesi un prasa smagas tehnikas izmantošanu.



Rūdas bagātināšana ar flotācijas metodi pamatojas uz to, ka dzelzs oksīdu blīvums ir ievērojami lielāks nekā iežu piemaisījumu blīvums. Ievietojot sasmalcināto rūdu ūdens plūsmā, vieglākās piemaisījumu daļiņas tiek aizskalotas.

Iegūto rūdas pulveri nav iespējams tālāk efektīvi izmantot. Tāpēc tam pievieno nelielus daudzumus mālveida vielas (bentonīta). Rotējošās nepārtrauktas darbības iekārtās rūda saveļas 10 – 15 mm granulās.



7.6. att. Dzelzi saturošas rūdas apstrāde

7.4.2. METĀLU IEGŪŠANA NO RŪDAS

Metālu iegūšana no rūdas ir *ķīmisks* process, kurā rūda tiek pārvērsta metālā.

Atkarībā no šī ķīmiskā procesa būtības izšķir:

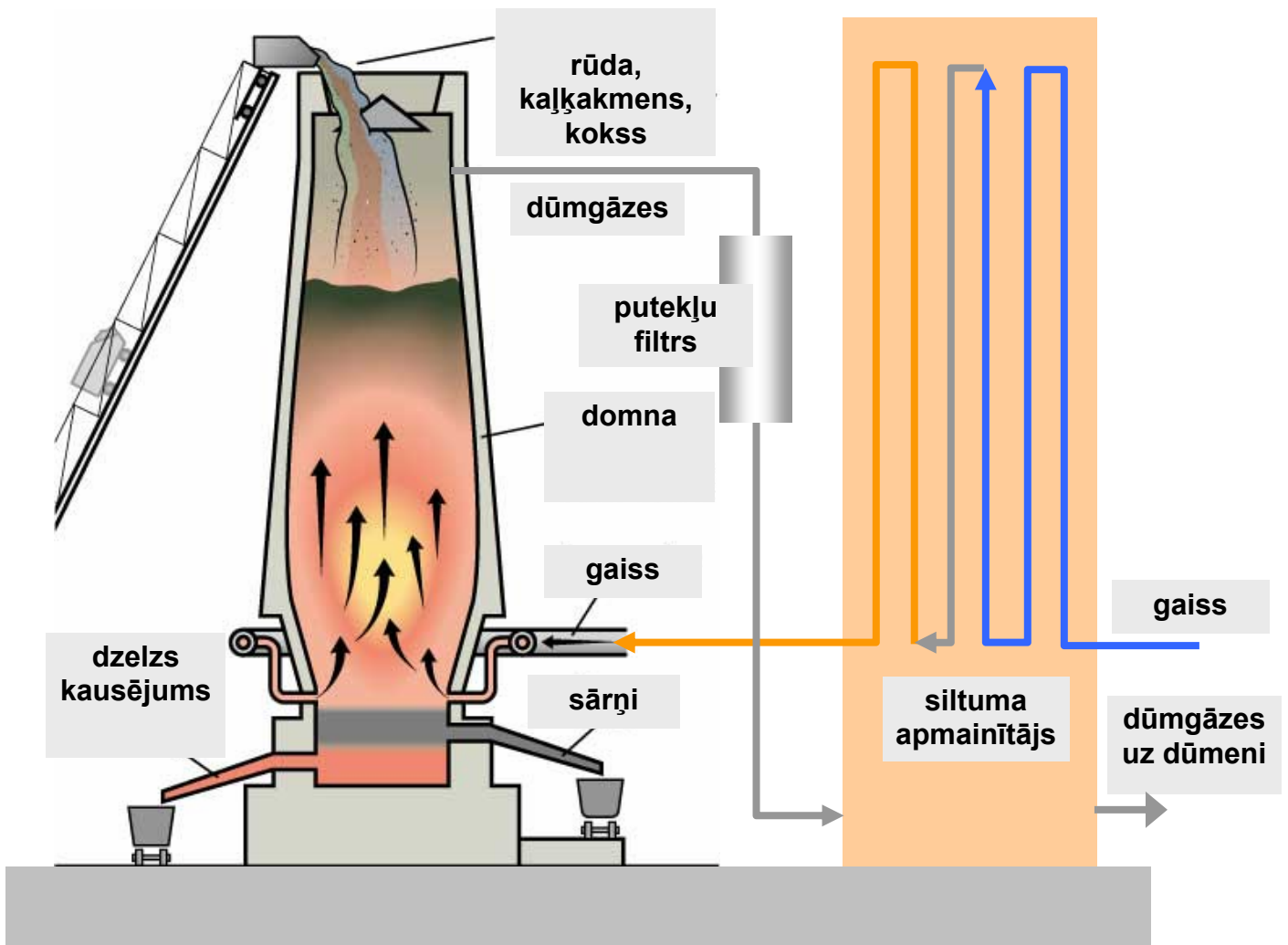
- *pirometalurģiju* (gr. *pir* – uguns) - metālu iegūšanu no rūdām, izmantojot augstas temperatūras, kas rodas sadegot kurināmam (ogles),
- *hidrometalurģiju* (gr. *hydor* – ūdens) - metālu iegūšanu, apstrādājot no rūdas ar ķīmisku reaģentu (skābju, sāļu u.c.) ūdens šķīdumiem zemās temperatūrās
- *elektrometalurģiju* - metālu iegūšanu elektroķīmiskos procesos.

7.5. DZELZS UN DZELZI SATUROŠI METĀLU SAKAUSĒJUMI

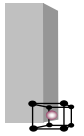
7.5.1. DZELZS IEGŪŠANA

Aplūkosim īsumā *dzelzs* iegūšanas procesu no rūdas pirometalurģiskā procesā.

Process notiek kausēšanas krāsnīs – *domnās* (7.7. att.). Tās ir vertikāli novietotas cilindriskas tērauda būves, kas no iekšpuses izklātas ar ugunsizturīgiem keramiskiem materiāliem.



7.7. att. Domnas shematisks attēls

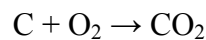


Domnas augšdaļā nepārtraukti iekrauj rūdu – dzelzs oksīdu (Fe_3O_4), kaļķakmeni (CaCO_3) un koksu (C), kas iepriekš sajaukti noteiktās proporcijās.

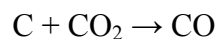
Domnas apakšdaļā tiek pūsts sakarsēts gaiss.

Domnā vienlaicīgi norit vairāki ķīmiski procesi:

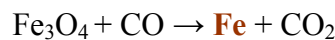
- oglekļa (C) oksidēšanās ar gaisa skābekli (O_2) - degšana; šīs reakcijas rezultātā rodas oglekļa dioksīds (CO_2) un izdalās liels siltuma daudzums, kas nodrošina domnas vidusdaļā temperatūru līdz $2000\text{ }^\circ\text{C}$:



- CO_2 reakcijā ar oglekli rodas oglekļa oksīds (CO) – spēcīgs reducētājs:



- CO, iedarbojoties uz dzelzs oksīdu (Fe_2O_3) reducē to līdz tīram *dzelzim* (Fe); augstajā domnas temperatūrā dzelzs atrodas šķidrā (kausējuma) stāvoklī:



- kaļķakmens (CaCO_3 , kalcija karbonāts) augstajā domnas temperatūrā sadalās, veidojot kalcija oksīdu (CaO) un CO_2 :



- CaCO_3 un CaO reaģē ar dažādiem rūdā esošiem piemaisījumiem veidot kustošus produktus - *sārņus*:



CaCO_3 un CaO un līdzīgas piedevas, kas ar rūdu piemaisījumiem veido viegli kustošus sārņus, sauc par *kušņiem*:

Plūstot no augšas uz leju dzelzs kausējums saskaras ar koksu un piesātinās ar oglekli.

Dzelzs kausējums uzkrājas domnas lejas daļā, to laiku pa laikam izlej ugunsizturīgās vagonetēs.

Sārņu kausējuma blīvums ir ievērojami mazāks nekā metāla kausējuma blīvums. Tāpēc sārņi uzkrājas virs šķidrā metāla. Arī sārņus periodiski izlej.

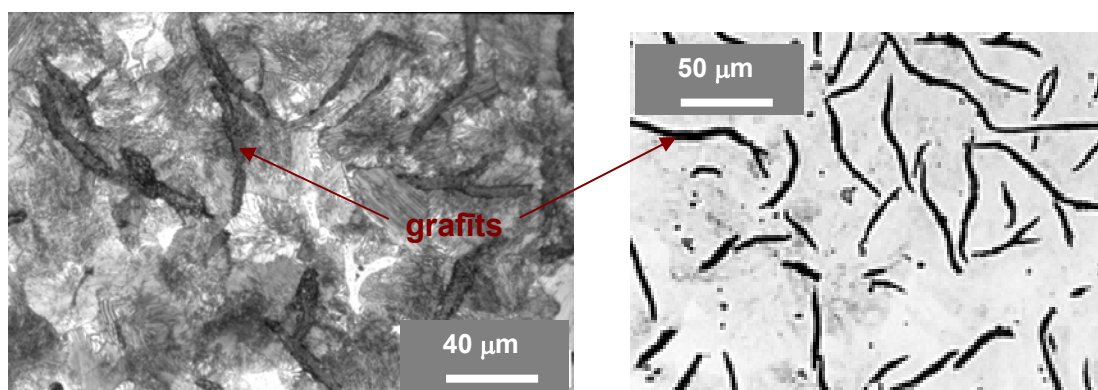
Lai taupītu enerģiju, karstās dūmu gāzes (galvenokārt CO_2) no domnas augšdaļas cauri putekļu filtram izvada uz siltuma apmainītāju, kurā tās uzsilda auksto āra gaisu.



7.5.2. ČUGUNS (ĶETS)

Domnas procesā iegūtā dzelzs satur līdz 4,5 % oglekļa un līdz 3% silīcija (Si). Tā kūst relatīvi zemā temperatūrā (1150 – 1300 °C) un ir viegli lejama. Šādu dzelzs – oglekļa sakausējumu sauc par *čugunu* (ķetu).

- *Pelēkais čuguns* satur 2,5 – 4,0 % C un 1,0 – 3,0 % Si. Tā struktūru veido *ferrīts* (α -Fe) un ogleklis *grafīta* formā, kas ferritā izkārtojas pārsļu veidā (7.8. att.) un piešķir čuguna lauzumam pelēcīgu nokrāsu.



7.8. att. Pelēkā čuguna struktūra

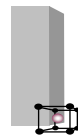
Pelēkā čuguna stiprība un it sevišķi deformējamība stiepē ir salīdzinoši neliela (7.2. tabula). Tas tāpēc, ka grafīta daļiņas ir smailas un kalpo kā spriegumu koncentratori. Spiedē pelēkā čuguna stiprības-deformācijas rādītāji ir labāki.

Pelēkā čugunam ir vairākas labas īpašības, kuras nosaka tā plašo izmantošanu. Viena no būtiskākajām ir spēja efektīvi dzēst vibrācijas (daudz labāk nekā tērauds). Tāpēc no pelēkā čuguna izgatavo smago mašīnu un iekārtu pamatnes. Pelēkam čugunam ir arī laba nodiluma izturība.

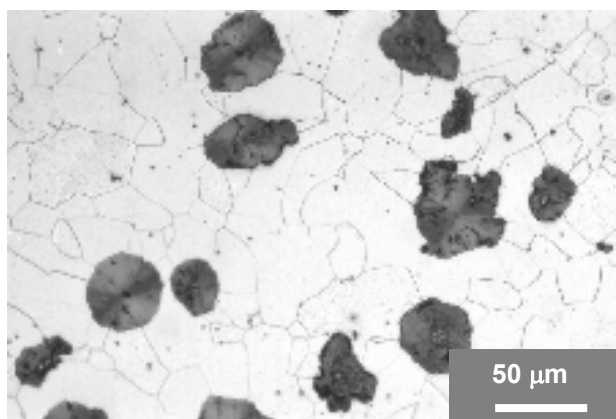
Pelēkā čuguna kausējumam ir izcila tecētspēja. Tāpēc no tā iespējams liešanas ceļā iegūt sarežģītas formas izstrādājumus.

Pelēkais čuguns ir vislētākais metāliskais materiāls.

- Pievienojot pelēkam čugunam nelielus magnija daudzumus izdodas mainīt grafīta daļiņu formu. Tās kļūst tuva sfēriskai (7.9. att.). Rezultātā iegūst *deformējamo čugunu* (7.2.



tabula). Tā stiprība tuvojas tērauda stiprībai. To plaši izmanto ventiļu, sūkņu korpusu, kloķa vārpstu, zobratu u.c. izgatavošanai liešanas ceļā.

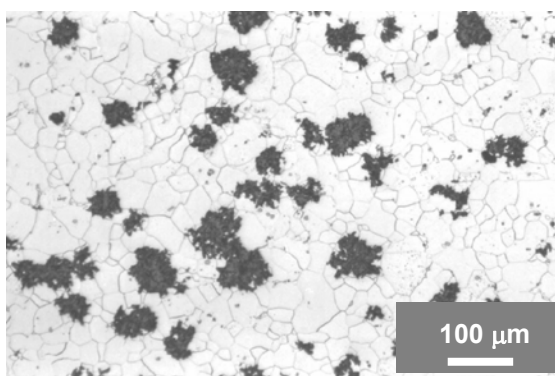


7.9. att. Deformējamā čuguna struktūra

- Ja silīcija saturs čugunā ir mazāks par 1%, tad kausējumu strauji dzesējot ogleklis parādās vairs nevis grafīta, bet gan cementīta formā (skat. turpmāk). Tā laužuma krāsa ir balta. Tāpēc to sauc par *balto čugunu*.

Pateicoties cementīta veidojumiem metāla struktūrā baltais čuguns ir ļoti ciets un arī trausls. Rezultātā balto čugunu ir grūti mehāniski apstrādāt. To var izmantot tādu elementu izgatavošanai, kur nepieciešama augsta cietība un zema deformējamība nav noteicoša. Piemēram, tērauda velmēšanas mašīnu veltņu izgatavošanai.

- Ilgstoši sildot balto čugunu 800 – 900 °C temperatūrā (lai novērstu oksidēšanos to veic inertā atmosfērā), cementīts sadalās un veido grafītu īpatnēju daļiņu veidā. (7.10. att.). Šāda struktūra piešķir čugunam labu deformējamību. To sauc par *kaļamo čugunu*. No kaļamā čuguna liešanas ceļā izgatavo savienojošos stieņus, piedziņas zobratu, cauruļu veidgabalus un citus smagi slogotus elementus dzelzceļu un kuģniecības vajadzībām.



7.10. att. Kaļamā čuguna struktūra

7.2. tabula

Dažu metālu un sakausējumu stiprības (σ_B) un trūkšanas pagarinājuma (ϵ_B) vērtības

Materiāls	σ_B , MPa	ϵ_B , %
ČUGUNS		
Pelēkais čuguns	120 – 270	0
Deformējamo čuguns	400 – 800	2 – 20
Kaļamais čuguns	350 – 450	5 – 10
TĒRAUDS		
Mazoglekļa tērauds	180 – 300	20 – 30
Lielas stiprības mazoglekļa tērauds	300 – 550	15 – 25
Sakausējumu tērauds	700 – 1900	7 – 40
ALUMĪNIJS UN TĀ SAKAUSĒJUMI	100 – 600	5 – 40
MAGNIJS UN TĀ SAKAUSĒJUMI	200 – 350	3 – 12
TITĀNS UN TĀ SAKAUSĒJUMI	500 – 1300	10 – 25

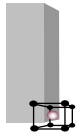
No domnas izlieto čuguna kausējumu novirza vai nu tieši konkrētu priekšmetu atliešanai, vai arī izgatavo lietņus (7.11. att.), kurus vēlāk izmanto lietu priekšmetu izveidošanai.



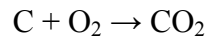
7.11. att. Čuguna lietņi

7.5.3. TĒRAUDS

Tikai daļa domnas procesā iegūtā čuguna tiek virzīta dažādu izstrādājumu iegūšanai. Pārējā daļa tiek izmantota cita augstvērtīgāka dzelzs sakausējuma – tērauda iegūšanai. To



veic īpašās tērauda kausēšanas krāsnīs, kuros čuguna kausējumam pūš cauri gaisu. Rezultātā daļa oglekļa oksidējas līdz gāzveida oglekļa oksīdam:



Oglekļa saturs metāla kausējumā pakāpeniski samazinās. Tādā veidā iegūst tēraudu.

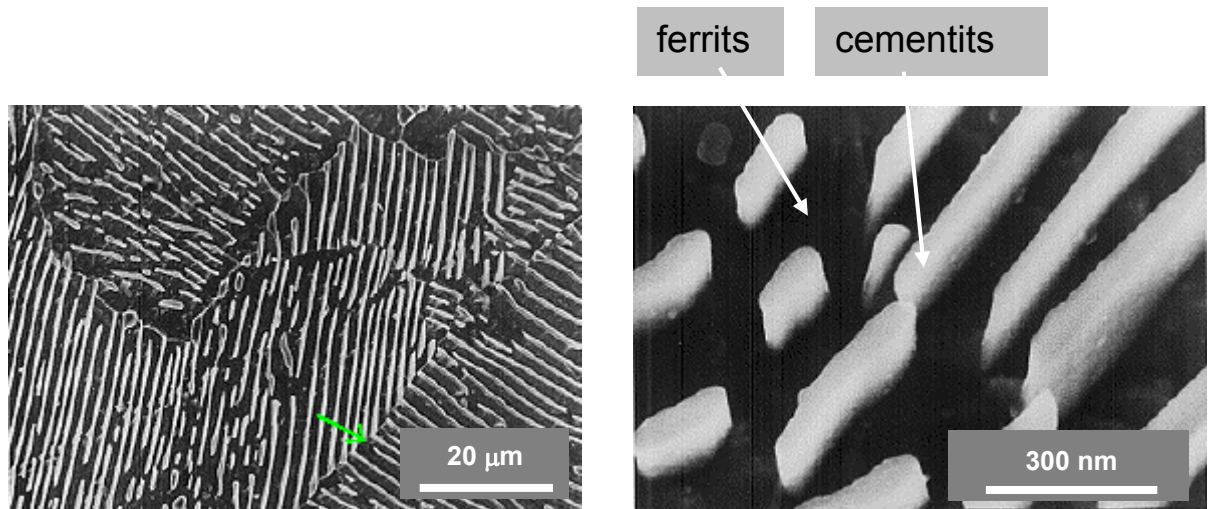
No tērauda kausēšanas krāsns tērauda kausējumu pilda termiski izturīgos kausos, no kuriem kausējumu atlej liela izmēra tērauda lietņos (7.12. att.), kurus vēlāk apstrādā konkrētu izstrādājumu iegūšanai.



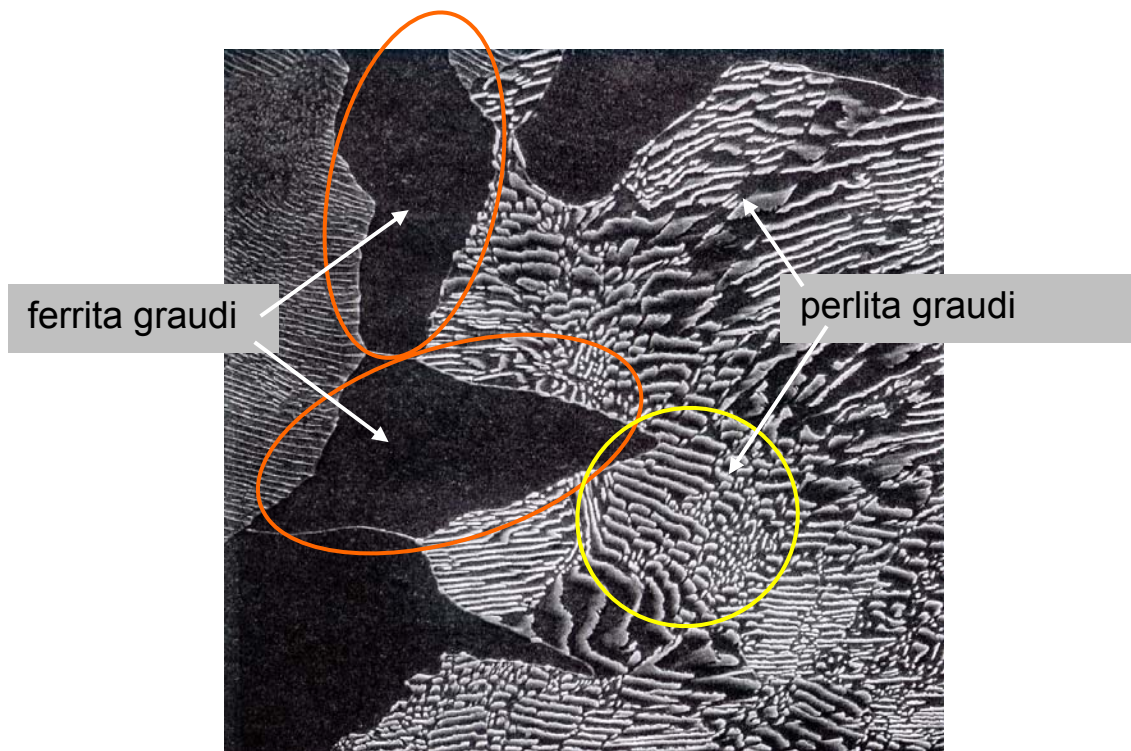
7.12. att. Tērauda lietņi

Tērauds ir plaša dzelzs-oglekļa sakausējumu grupa, kas var saturēt mazos daudzumos (<1%) kā metalurģiskos piemaisījumus arī citas komponentes (Si, Mn, S un P). Tērauda mehāniskās īpašības ir atkarīgas no oglekļa satura, kas parasti nepārsniedz 1,4 %.

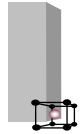
Tērauda struktūras svarīgākā sastāvdaļa ir *ferrīts* (α -Fe) un *perlīts*. Perlīts veido slāņainus graudus, kas sastāv no plāniem *ferrīta* un *cementīta* (dzelzs un oglekļa savienojuma – Fe₃C) slāņiem (7.13. att.). Grauda ietvaros slāņi pamatā ir orientēti vienā virzienā, kas dažādos graudos atšķiras. Perlīta graudi tērauda struktūrā mijas ar ferrīta graudiem (7.14. att.).



7.13. att. Perlīta struktūra (baltās joslas – cementīts; melnais lauks – ferrīts)



7.14. att. Tērauda struktūra



Mazoglekļa tēraudā (oglekļa saturs $\sim 0,25$ %) perlīta struktūras dominē. Šis tērauds ir relatīvi mīksts un mehāniski mazāk izturīgs, viegli deformējams (stiepjams) (7.2. tab.). Tas ir viegli mehāniski apstrādājams, sametināms. No visiem tēraudu veidiem tas ir vislētākais un visplašāk izmantotais.

Automobiļu korpusa komponenti, dažāda veida profili, loksnes un lentas, caurules un tml. ir tikai daži pielietojuma piemēri. Savienojot savā starpā dažāda veida šī tērauda elementus veido būves, celtnes, tiltus, estakādes u.c.

Pievienojot zema oglekļa satura tēraudam citus metālus (Cu, V, Ni, Mo) dažādās attiecībās (nepārsniedzot 10%) iegūst *lielas stiprības mazoglekļa tēraudu*. Tas ir mehāniski izturīgāks (7.2. tab.) un noturīgāks pret koroziju un tiek izmantots smagi slogotu tiltu, torņu, augstceltņu, atbalsta kolonnu, spiediena rezervuāru u.c. izgatavošanai.

Vidēja oglekļa satura tērauds (C = 0,25 – 0,60 %) ir mehāniski izturīgāks, taču mazāk deformējams. No šī tērauda izgatavo dzelzceļa transporta riteņus un sliedes, zobratlus, kloķa vārpstas un citus mašīnbūvniecības elementus, kuros ir nepieciešama liela stiprība, nodiluma izturība un stigrība.

Liela oglekļa satura tērauds (C = 0,60 – 1,4 %) ir mehāniski visizturīgākais un cietākais no visām tērauda šķirnēm. To izmanto griežņu, urbju, zāģu un citu apstrādes instrumentu izgatavošanai.

Piekausējot tēraudam citus metālus (galvenokārt Cr, Ni, Mo) daudzumos kas pārsniedz 12 – 15%, iegūst dzelzs sakausējumus, tajā skaitā arī *nerūsējošo tēraudu*. No šīm tērauda šķirnēm izgatavo atbildīgas detaļas un elementus: iekšdedzes dzinējiem, ķīmiskās un pārtikas rūpniecības iekārtām, gultņiem. Izgatavo ķirurģiskos instrumentus, atsperes, spiediena traukus u.c.

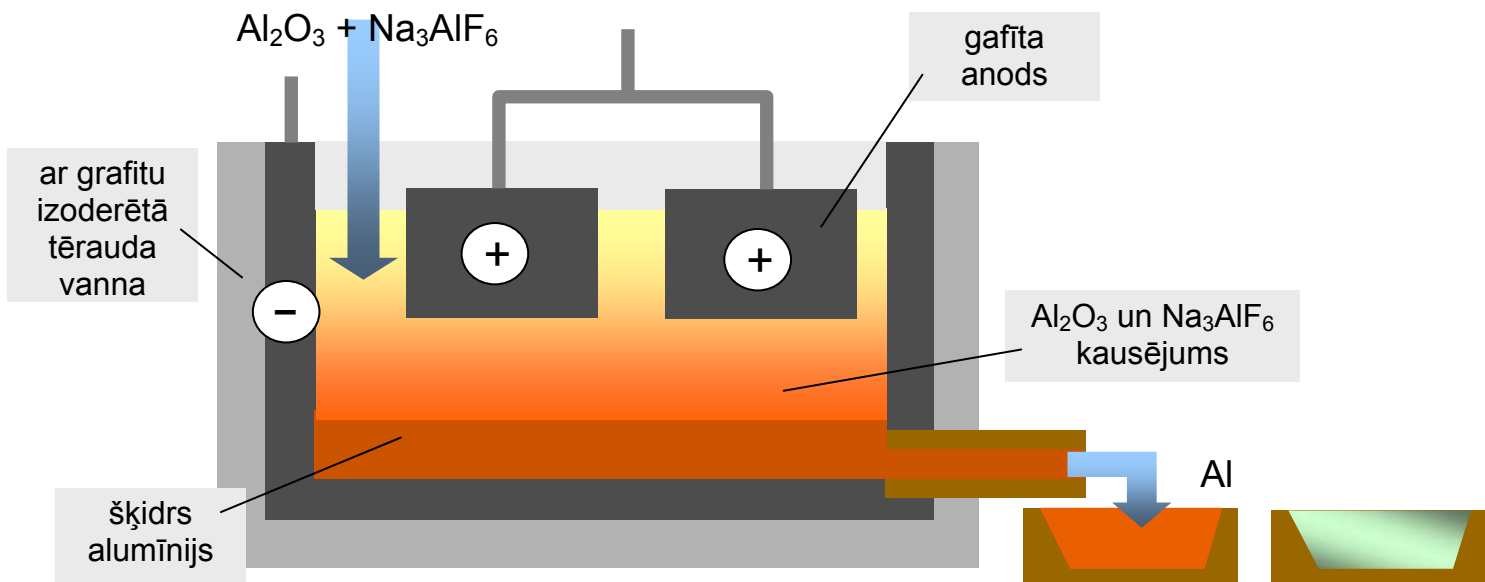
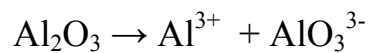
Mums bija lieliska iespēja pārliicināties, par to, ka materiāla (šīnī gadījumā – tērauda) īpašības ir krasi atkarīgas no tā uzbūves. Mērķtiecīgi izvēloties oglekļa un citu elementu saturu sakausējumā, veicot tā *termisko* un arī *mehānisko* apstrādi, iespējams zinātniski pamatoti kontrolēt materiāla struktūru un rezultātā iegūt materiālus ar vēlamām īpašībām izmantošanai visdažādākās jomās.

7.6. ALUMĪNIJS UN TĀ SAKAUSĒJUMI

Alumīniju iegūst elektrometalurģiskā procesā pakļaujot elektrolīzei alumīnija oksīda (Al_2O_3) šķīdumu izkausētā kriolītā (Na_3AlF_6) 950 – 1000 °C temperatūrā.

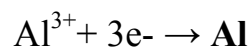
Process notiek tērauda vannā, kas izoderēta ar termiski izturīgo grafītu (7.15. att.).

Alumīnija oksīds kausējumā disociē, veidojot katjonu (Al^{3+}) un anjonu (AlO_3^{3-}):

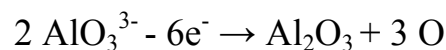


7.15. att. Alumīniju iegūšana elektrometalurģiskā procesā

Uz grafīta anoda (+) notiek Al^{3+} jona reducēšanās līdz tīram alumīnijam:



Uz katoda (-) (par katodu kalpo vannas grafīta oderējums) norit AlO_3^{3-} jona oksidēšanās:



Alumīnija kausējums uzkrājas vannas apakšdaļā un tiek periodiski izliets formās. Alumīnija atlējumi tiek virzīti tālākai apstrādei.



Alumīnija un viņa sakausējumu ievērojama priekšrocība ir tā zemā blīvuma vērtība - 2,7, salīdzinot ar 7,9 g/cm³ tēraudam (7.1. tab.). Tas nodrošina lielu alumīnija *īpatnējo stiprību*. Alumīnija izstrādājumi ir samērā izturīgi pret koroziju apkārtējā vidē.

Pateicoties tam, ka alumīnijs kristalizējas skaldnes centrētā kubiskā sistēmā (skat, 7.2. att.), tam piemīt lieliska stiepjamība. Tas ļauj no alumīnija izgatavot dažādas formas izstrādājumus. Kā izcils piemērs lielajai metāla stiepjamībai jāmin alumīnija folija, kas viegli iegūstama velmēšanas ceļā līdz pat dažu μm biezumā.

No alumīnija un viņa sakausējumiem ar Mg, Zn, Cu, Mn u.c. izgatavo lidaparātu, automobiļu un kuģu korpusu un virsbūvju elementus, dzērienu kārbas, iekšdedzes dzinēju daļas (blokus, cilindrus, kolektoros), siltuma apmaiņas ierīces, gaismas atstarotājus, caurules un profīlus u.t.t.

7.7. MAGNIJS UN TĀ SAKAUSĒJUMI

Magnijam ir vēl mazāks blīvums, nekā alumīnijam (Mg - 1,7; Al - 2,7 g/cm³). Tāpēc Mg sakausējumus izmanto tajos gadījumos, kur izstrādājuma nelielai masai ir izšķiroša nozīme.

Tos lieto lidaparātu un raķešu elementu izgatavošanai, automobiļu (stūresratu, sēdekļu rāmju u.c.) un audio-video-datoru ierīču elementu izgatavošanai.

Magnijs ir ķīmiski aktīvs, tāpēc tā korozijas izturība ir neliela.

7.8. TITĀNS UN TĀ SAKAUSĒJUMI

Titānam arī ir samērā neliels blīvums (4,5 g/cm³). Titānam ir liela mehāniskā stiprība (7.2. tab.). Titāna sakausējumi (ar Al, Sn, V u.c.) tiek izmantoti lidmašīnu un kosmosa kuģu elementu, ķirurģisko implantu u.c izgatavošanai.

7.9. VARŠ UN TĀ SAKAUSĒJUMI

Varš ir samērā mīksts, viegli stiepjams un mehāniski mēreni izturīgs metāls. Vara lielā siltuma vadāmība un elektrovadītspēja, kā arī lielā izturība pret koroziju nosaka tā plašās izmantošanas iespējas.



Vara mehāniskās īpašības iespējams uzlabot veidojot tā sakausējumus ar citiem metāliem. Piekausējot cinku (Zn) iegūst **misīņu**. Sakausējot ar alvu (Sn), alumīniju, niķeli (Ni) iegūst **bronzu**.

Elektrības vadi un citi elektrību vadoši komponenti, skārds, siltumapmaiņas iekārtas, caurules un cauruļu sistēmu veidgabali, gultņi, zobratī, munīcijas komponenti ir tikai daži vara un tā sakausējumu izmantošana piemēri.

7.10. CĒLMETĀLI UN TO SAKAUSĒJUMI

Pie cēlmetāliem pieder sudrabs (Ag), zelts (Au), platīns (Pt), palādijs (Pd), rodijs (Rh), rutēnijs (Ru), irīdijs (Ir) un osmijs (Os). Cēlmetāli ir mīksti, viegli stiepjami. Tiem liela ķīmiskā izturība, tie praktiski neoksidējas. Tie ir dārgi.

Zelts stieņu un monētu veidā kalpo kā banku apgrozījuma nodrošinājums. Zeltu, sudrabu un platīnu izmanto vērtslietu izgatavošanai, zobu protezēšanai.

Atsevišķos gadījumos drukāto shēmu izgatavošanai vara vietā izmanto zeltu.

No platīna izgatavotos tīģeļus, elektrodus, katalizatorus u.c. izmanto ķīmijas vajadzībām. Platīnu izmanto termopāru izgatavošanai lielu temperatūru mērīšanai.

7.11. UGUNSIZTURĪGIE METĀLI UN TO SAKAUSĒJUMI

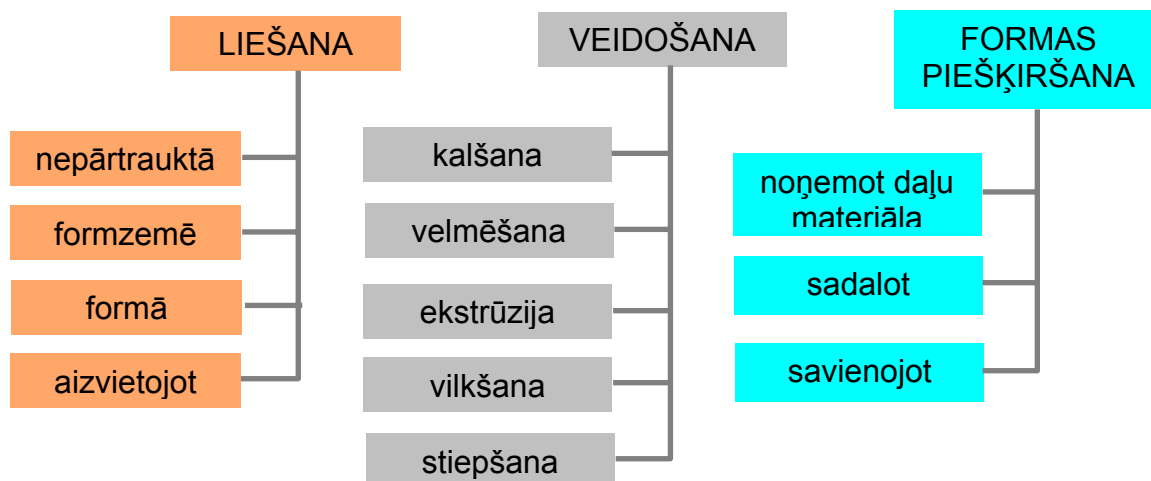
Pie ugunsizturīgiem metāliem pieder metāli ar augstu kušanas temperatūru: niobijs (Nb, 2468 °C), molibdēns (Mo, 2610 °C), tantals (Ta, 3017 °C), volframs (3410 °C).

Starpatomu saites šiem metāliem ir ļoti stipras. Tiem ir arī liels elastības modulis, cietība un stiprība (arī lielā temperatūrā).

Molibdēna sakausējumi tiek izmantoti ekstrūzijas sprauslu, kosmosa lidaparātu komponentu izgatavošanai. Spuldžu kvēldieģus, metināšanas elektrodus izgatavo no volframa.

7.12. METĀLA IZSTRĀDĀJUMU IEGŪŠANA

Metālu pārvēršana konkrētos izstrādājumos var tikt veikta dažādi. Svarīgākie paņēmieni ir uzskaitīti shēmā (7.16. att.).

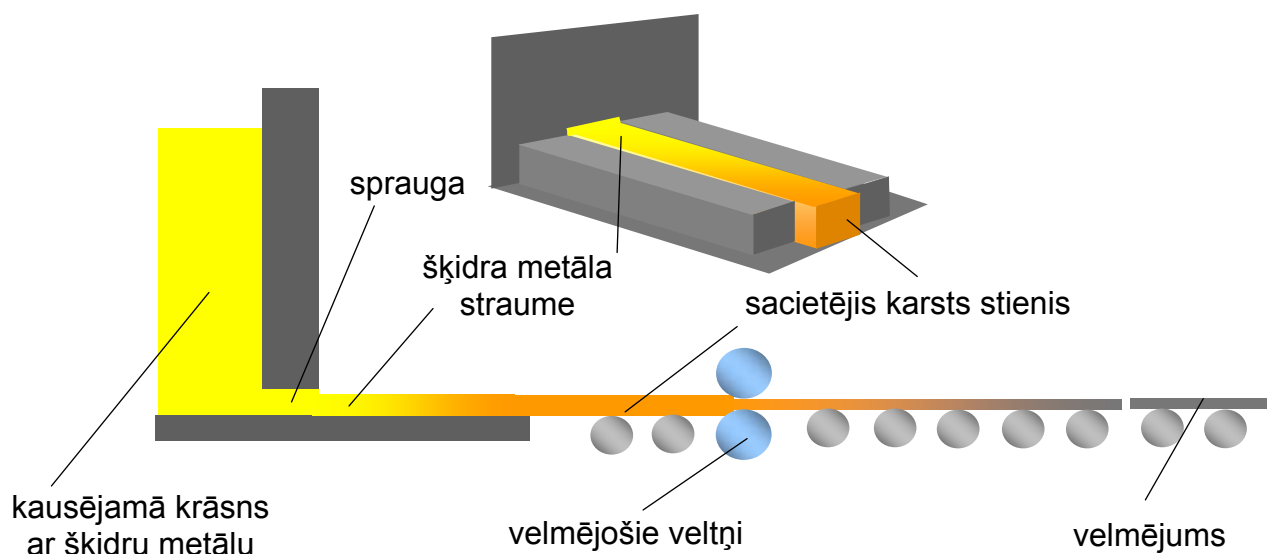


7.16. att. Paņēmieni metālu pārvēršana izstrādājumos

7.12.1. LIEŠANA

Liešana procesā izkausēts šķidrums metāls tiek ieliets veidnē, kurai ir topošā izstrādājuma aprīse. Sacietējot metāls pieņem šīs aprīses. Sacietēšana saistīta ar noteiktu metāla sarukumu.

Nepārtrauktā liešanas procesā šķidrums metāls izplūst no kausēšanas krāsnis un virzās pa noteiktas formas kanāliem. Tas dzīstot sacietē un ieņemot kanāla (parast taisnstūra) formu (7.17. att.). Iegūtie vēl pilnīgi neatdzisuša metāla stieņi parasti tālāk tiek pakļauti velmēšanas operācijai, kurā tam tiek piešķirti vajadzīgie šķērsriezuma izmēri. Pilnīgi atdzisušu nepārtraukto stieņi sagriež vajadzīgā garuma gabalos.



7.17. att. Metāla nepārtrauktā liešana

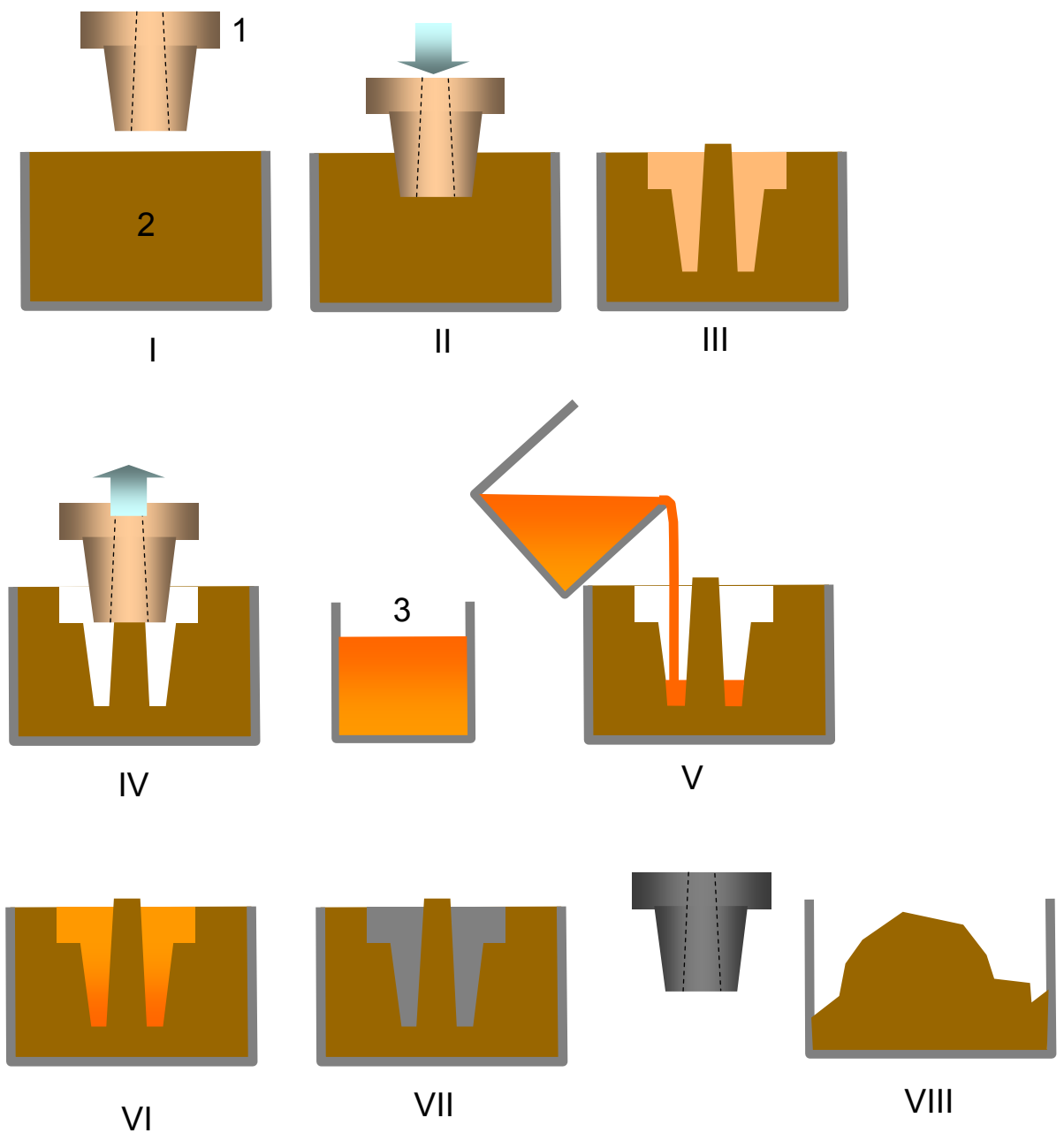
Liešana formzemē ir viena no izplatītākām un lētākajām liešanas metodēm.

Formzeme ir smilšu un citu piedevu maisījums, kas samitrināts ar minerāleļļu (vai citām saistvielām).

Viena no iespējamām procesa shēmām parādīta 7.18. att.

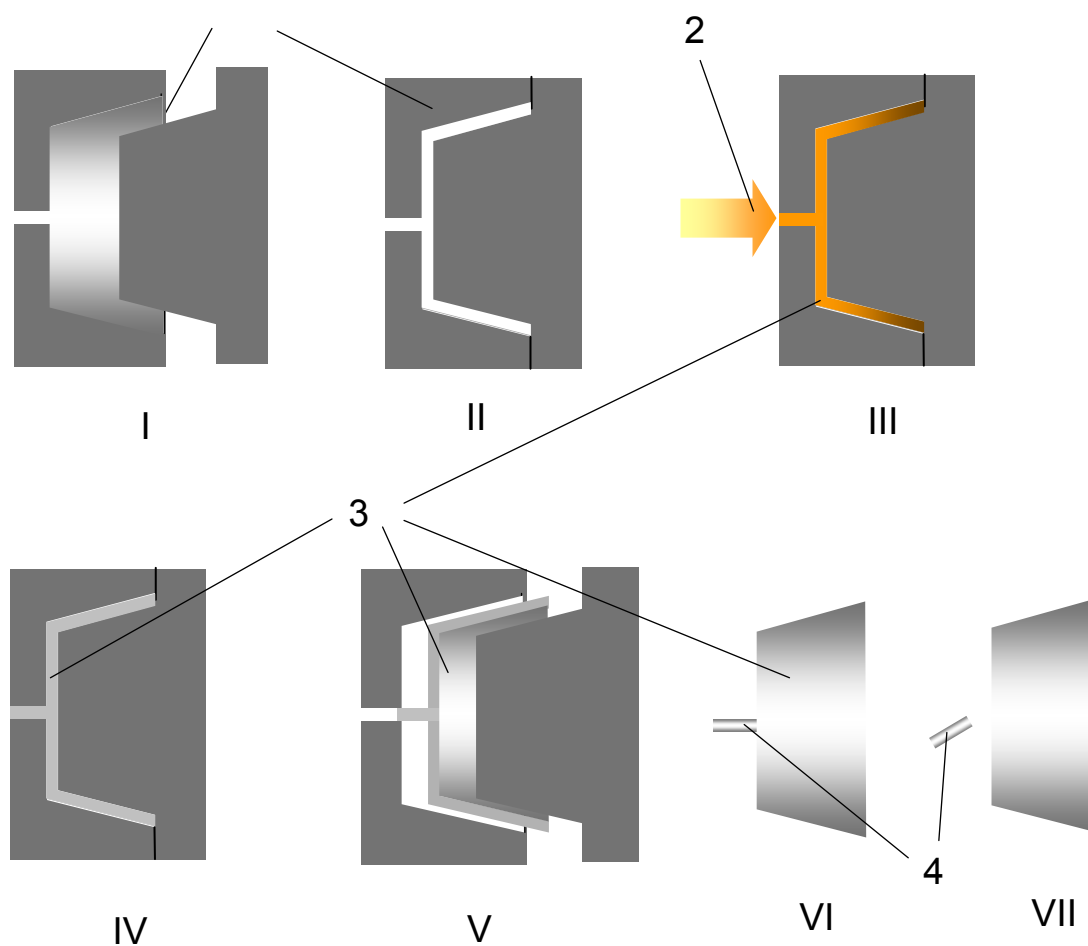
Izstrādājuma modelis 1, visbiežāk koka, tiek ievietots formzemē 2. Formzeme tiek sablīvēta (I – III). Pēc tam modelis tiek uzmanīgi izņemts (IV). Metāla kausējums no tīģeļa 3 tiek ieliets modeļa atstātajā telpā (V), kur tas atdziest un sacietē (VI - VII). Atlieto izstrādājumu 4 izņem no formzemes. Formzeme izmantojama atkārtoti.

Liešana formā. Pēc šīs metodes (7.19. att.) metāla kausējumu 2 zem spiediena injicē saslēdzamā divdaļīgā formā 1. Kad lējums 3 sacietējis, to no formas izņem un nocērt lieko lietni 4. Spiedienā forma ātri aizpildās un sacietēšanas laikā iztuot spiedienā samazinās arī izstrādājuma sarukums.

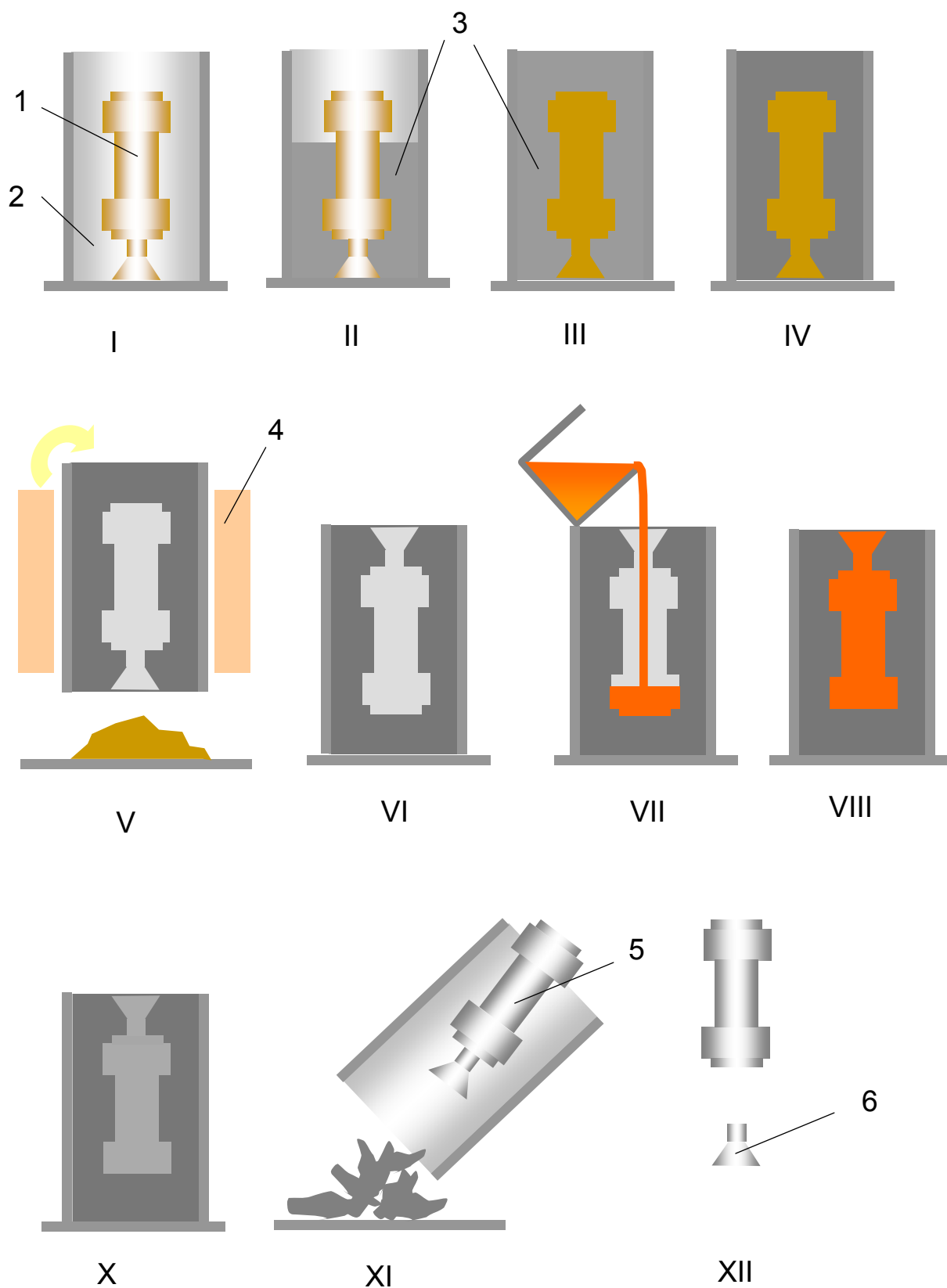


7.18. att. Metāla liešana formzemē

Liešana formā aizvietojojt (7.20. att.). Parauga modeli 1, kas izgatavots no vaska vai zemā temperatūrā kūstoša polimēra ievieto formā 2. Formu aizpilda ar šķidru cietējošu javu 3 (I – III). Kad java sacietējusi (IV), formu uzsilda (4 – sildītājs) un iztecina viegli kūstošo materiālu (V). Tad formu apgriež otrādi (VI) un ielej šķidro metālu (VII - VIII). Kad lējums sacietējis (X), cietējošu javu izjauc, atbrīvo lējumu 5 (XI) un atdala lieko lietni 6 (XII) .



7.19. att. Metāla liešana formā



7.20. att. Metāla liešana aizvietojo

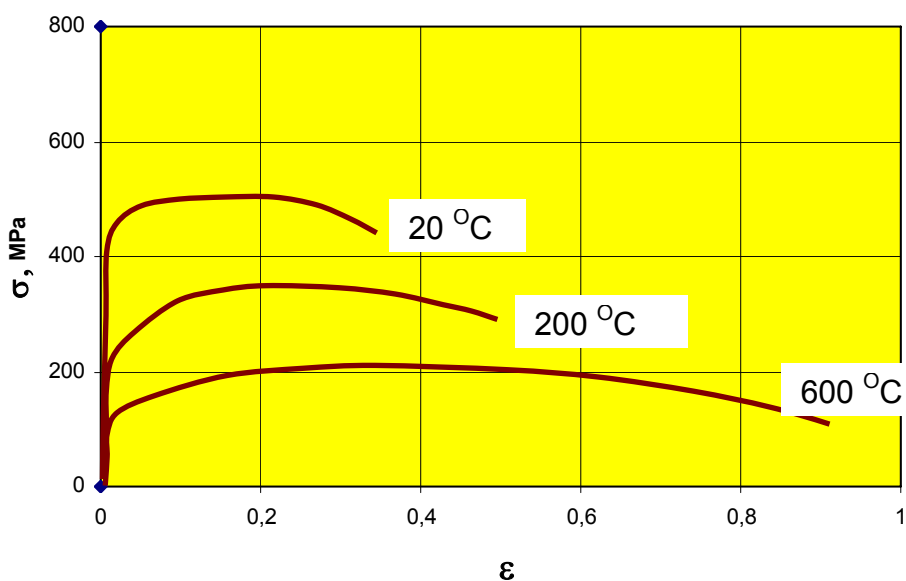
7.12.2. VEIDOŠANA

Metālu veidošana ir formas piešķiršana metālam, izmantojot iespēju to plastiski deformēt nepieļaujot tā plaisāšanu vai sabrukumu. Šādā veidā iespējams veidot tikai tad, ja metālam ar pietiekami liela trūkšanas deformācijas vērtība ε_B ($\varepsilon_B > 0,3$).

Palielinot temperatūru ε_B vērtība pieaug un samazinās tecēšanas robežsprieguma σ_{TEC} vērtība (7.21. att.).

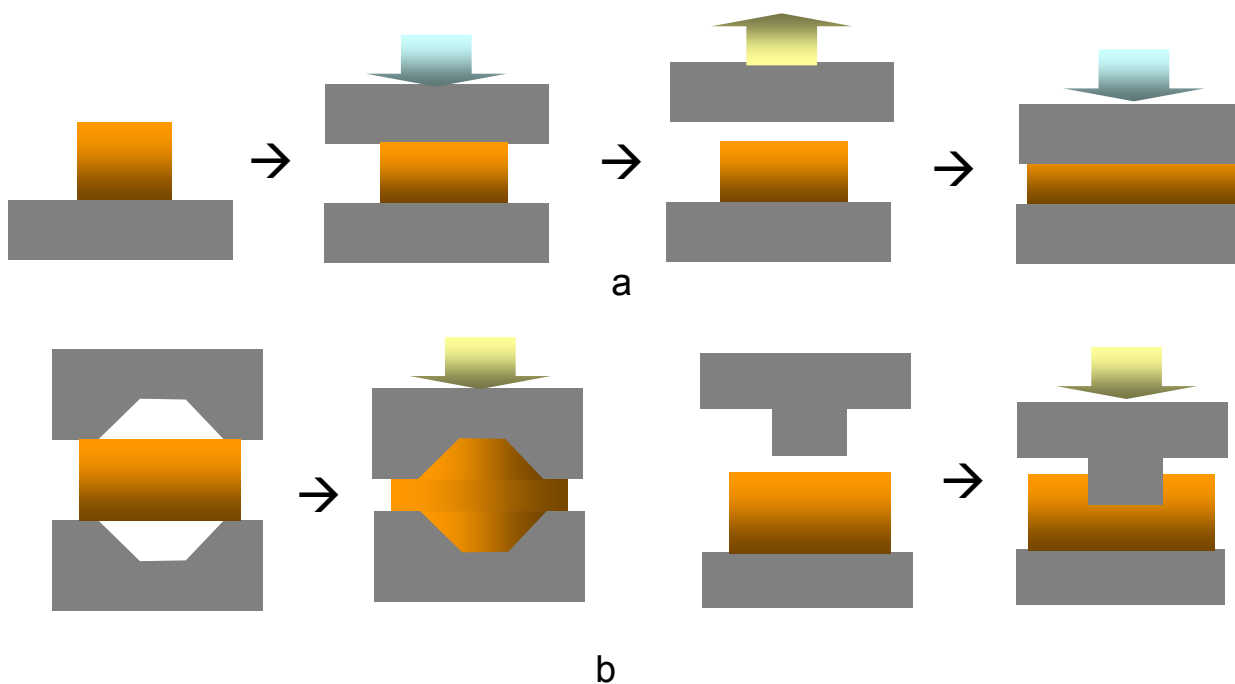
Formēšanu var veikt gan paaugstinātā temperatūrā - *karstā veidošana*, gan istabas temperatūrā - *aukstā veidošana*.

Veidošanas procesā metālu deformējot mainās metāla struktūra. Struktūras maiņas tendences ir atkarīgas gan no *deformācijas lieluma* konkrētā veidošanas procesā, gan *temperatūras*, kurā šī deformēšana notiek. Šos abus efektus lietpratīgi un mērķtiecīgi izmantojot iespējams *metāla struktūru mainīt vēlamā virzienā*. Šie svarīgie metālu tehnoloģijas jautājumi sīkāk apskatīti netiks.



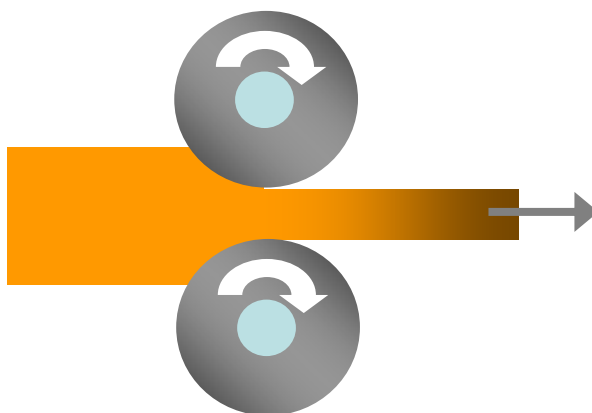
7.21. att. Tērauda sprieguma (σ) - deformācijas līknes (ε) dažādā temperatūrā

Kalšana ir formas piešķiršana karstam metālam (7.22. att.) to secīgi daudzot (a) vai arī nepārtraukti spiežot (b).



7.22. att. Metāla kalšana

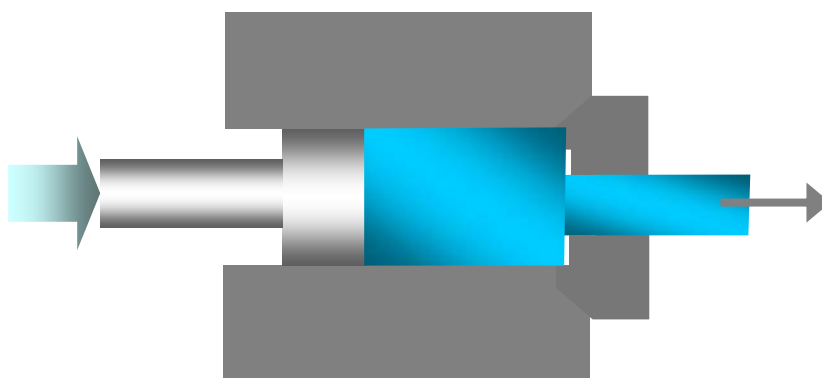
Velmēšana ir metāla deformēšana laižot to cauri metāla veltniem. Spiedes spēki izsauc vēlamo metāla sagataves biezuma samazināšanos. Tādā veidā iegūst loksnes, skārdu, foliju, kā arī sarežģītākas formas profilus (7.23. att.).



7.23. att. Metāla velmēšana



Ekstrūzijas procesā metāla stienis tiek spiests cauri formējošam uzgalim, piešķirot vēlamo slēgta vai vaļēja profila formu (7.23. att.).



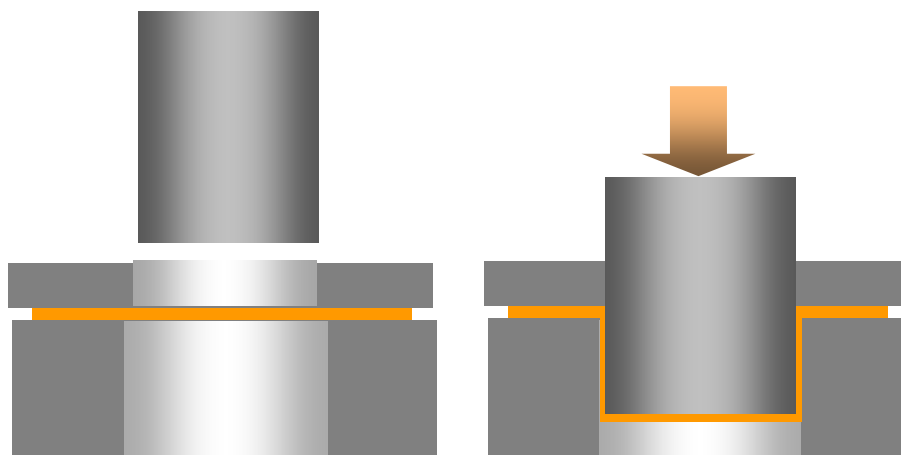
7.23. att. Metāla ekstrūzija

Vilkšanas procesā metāla sagatavi izvelk cauri formējošam uzgalim, kura kanāls pakāpeniski sašaurinās (7.24. att.). Sagataves šķērsriezuma laukuma samazinās, bet garums pieaug (jo tilpums praktiski nemainās). Šādā veidā iegūst stieņus, stieples un caurules u.c.



7.24. att. Metāla vilkšana

Stiepšanas procesā, izmantojot dažādu paņēmienus, no metāla skārda izstiepj nepieciešamās formas izstrādājumus. Viens plaši izmantots paņēmiens parādīts 7.25. att.



7.25. att. Metāla stiepšana

7.12.3. FORMAS PIEŠĶIRŠANA NOŅEMOT DAĻU MATERIĀLA

Formas piešķiršana metāla sagatavei noņemot daļu materiāla tiek plaši izmantota. Tādā veidā iespējams iegūt ļoti sarežģītas formas izstrādājumus. Izmanto *urbšanu*, *virpošanu*, *frēzēšanu*, *ēvelēšanu* u.c. metodes. To shēmas parādītas tēmas demonstrācijas plakātu daļā.

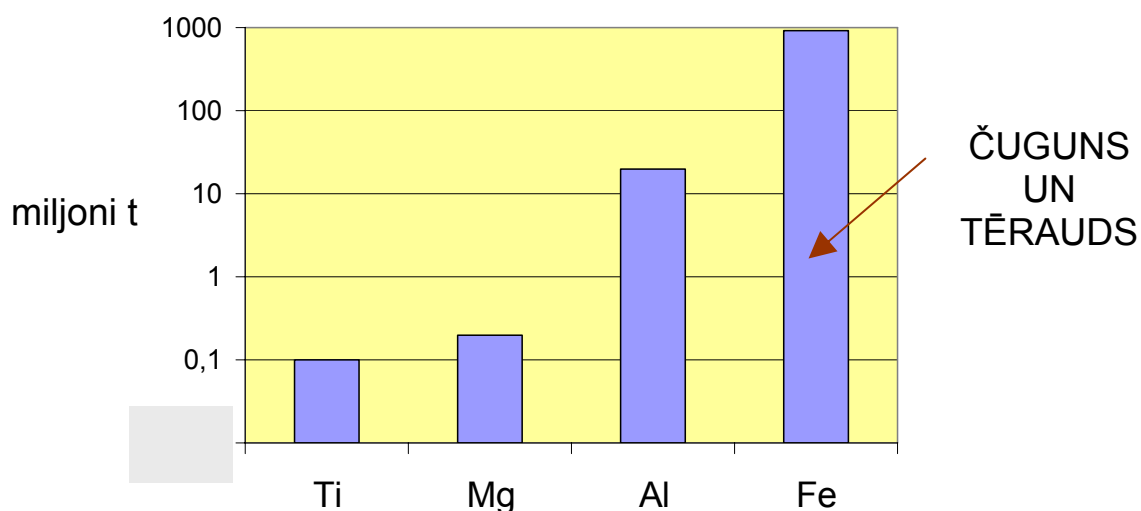
7.12.4. METĀLU KOMPONENTU SAVIENOŠANA

Metālu komponentu savienošana nepieciešama dažāda veida konstrukciju iegūšanai.

Metālu komponentu savienošanai izmanto *kniedēšanu*, *saskrūvēšanu*, *metināšanu*, *līmēšanu* u.c. Šīs metodes sīkāk aplūkotas tēmas demonstrācijas plakātu daļā.

7.13. METĀLU RAŽOŠANA UN TĀS PERSPEKTĪVAS

Kā redzējām metāli ir materiālu veids, no kura iespējams izgatavot ārkārtīgi plašu visdažādākā veida izstrādājumu klāstu. Tāpēc nav pārsteigums, ka metālu ražošanas apjomi pasaulē ir ļoti lieli un palielinās gadu no gada. Aizvien lielāku īpatsvaru metālu ražošanā gūst Al, Mg, Ti un citu metālu sakausējumi. Taču dzelzi saturošiem sakausējumiem – čugunam un ņetam – joprojām ir noteicošā loma (Šo metālu ražošanas gada apjoms pasaulē sasniedzis 1000 miljonu tonnu. Ja no visa šī metāla izgatavotu stieni ar šķērsriezuma laukumu 1m^2 , tā garums būtu 100 000 km!



7.26. att. Dažādu metālu un to sakausējumu gada ražošanas apjoms

Taču attīstoties dažādu nemetālisko materiālu (polimēru, keramisko materiālu, kompozītmateriālu u.c.) tehnoloģijām, metālu loma plašajā materiālu spektrā pakāpeniski samazinās. Par minētajiem materiāliem mēs runāsim nākamajās tēmās.