



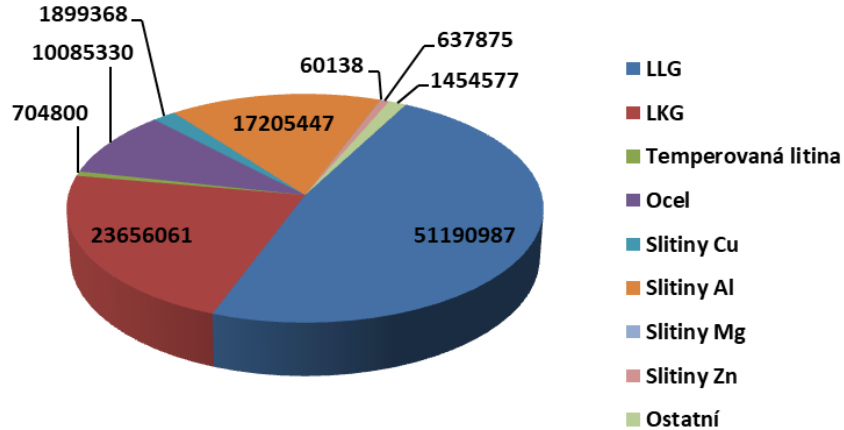
Technologie I

Slévání a svařování

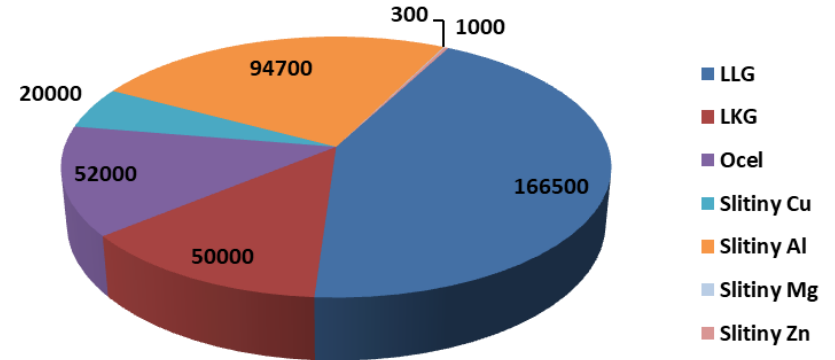
Iva Nováková, Milan Jelínek

Slévárenské slitiny

Přehled celosvětové výroby odlitků za rok 2019 [t]



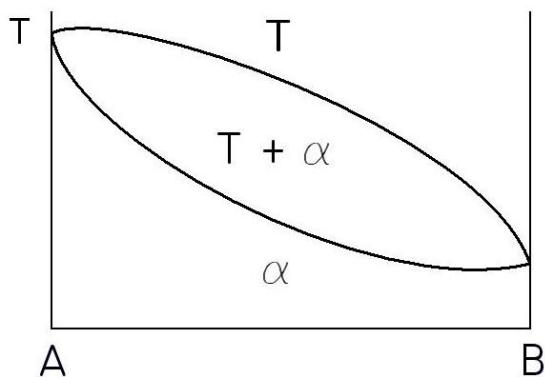
Přehled výroby odlitků v ČR za rok 2019 [t]



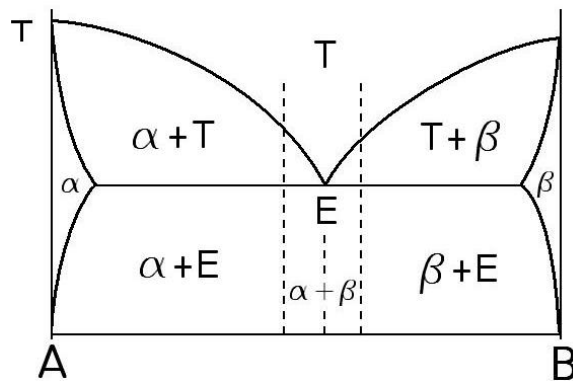
Počet sléváren 2019	Slévárny litiny	Slévárny oceli	Slévárny neželezných slitin
Svět	16929	4720	12189
ČR	56	28	37

Slévárenské slitiny

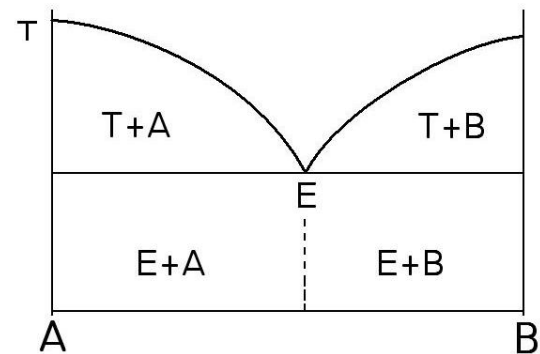
- čisté kovy,
- slitiny - **slitiny Fe** - litiny, ocel na odlitky
 - **neželezné slitiny** - slitiny Al, slitiny Mg, slitiny Cu, slitiny Zn.



Rovnovážný diagram dvou kovů s úplnou rozpustností v tuhém stavu



Rovnovážný diagram dvou kovů s částečnou rozpustností v tuhém stavu



Rovnovážný diagram dvou kovů dokonale nerozpustných v tuhém stavu

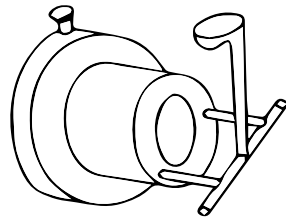
Slévárenské slitiny

Slévateľnosť - fyzikální vlastnosti - $T_{\text{tání}}$, ρ , c , λ , atd.

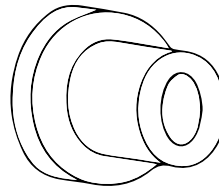
- viskozita x tekutost,
 - povrchové napětí,
 - smršťivost (stahování, smršťování),
 - odměšování,
 - schopnost pohlcovat plyny,
 - sklon ke vzniku trhlin a prasklin .
- technologické vlastnosti - tavitelnost,
- zabíhavost.



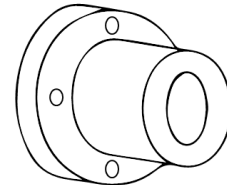
Po odlití taveniny do dutiny formy a jejím ztuhnutí ve formě:



Surový odlitek



Hrubý odlitek



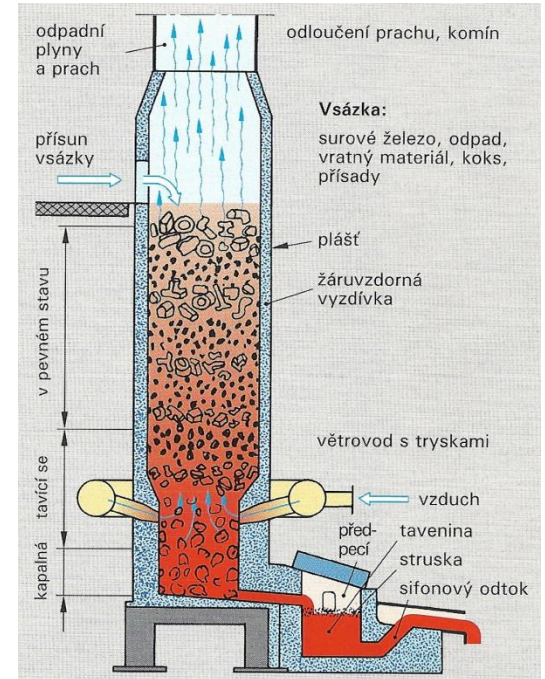
Čistý odlitek

Kuplovna

- **Vsázka** - opakující se vrstvy koksu, kovové vsázky, struskotvorných látek (vápenec).
- Výroba - LLG, LKG,
- Litina z kuplovny obsahuje:
cca 3,4%C; 1,9%Si; 0,65 %Mn;
0,1 %P; 0,1%S.

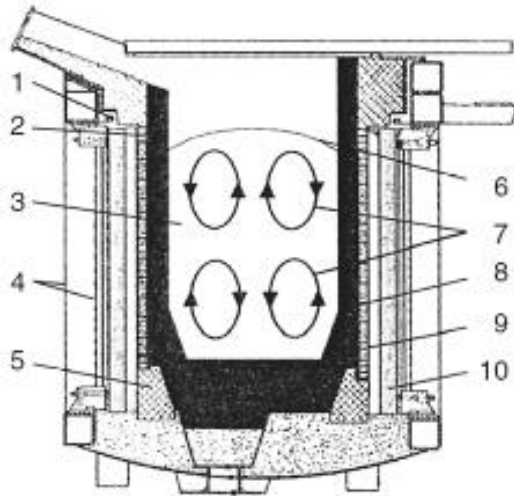


Surové železo

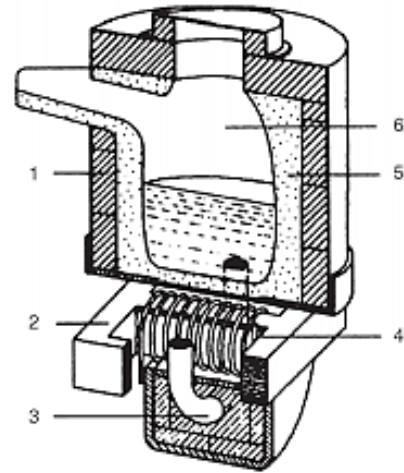


Elektrické indukční pece

- **Kelímková pec** – tavení: LLG, LKG, LČG, ocel na odlitky, neželezné slitiny.
- **Kanálková pec** - udržovací pec, princip ohřevu se využívá i v licích zařízeních.



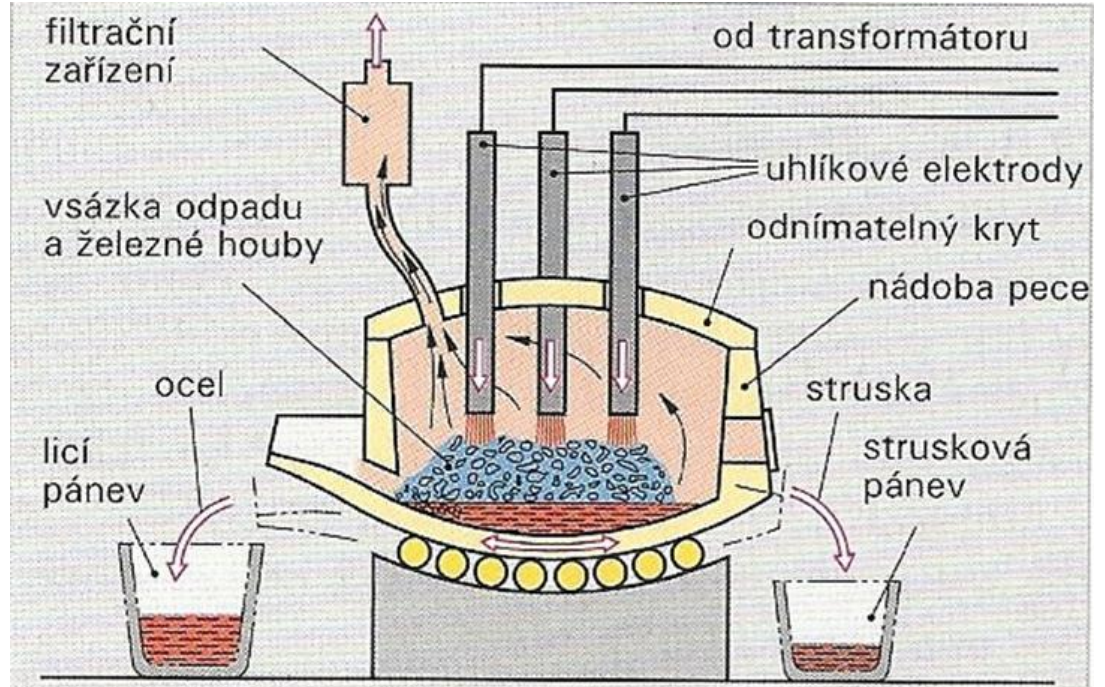
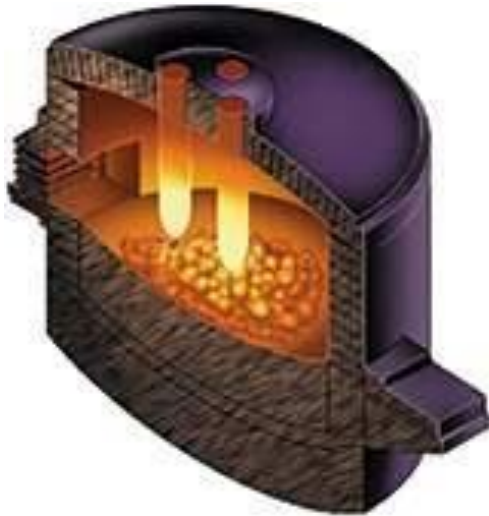
Elektrická indukční pec kelímková



Elektrická indukční pec kanálková

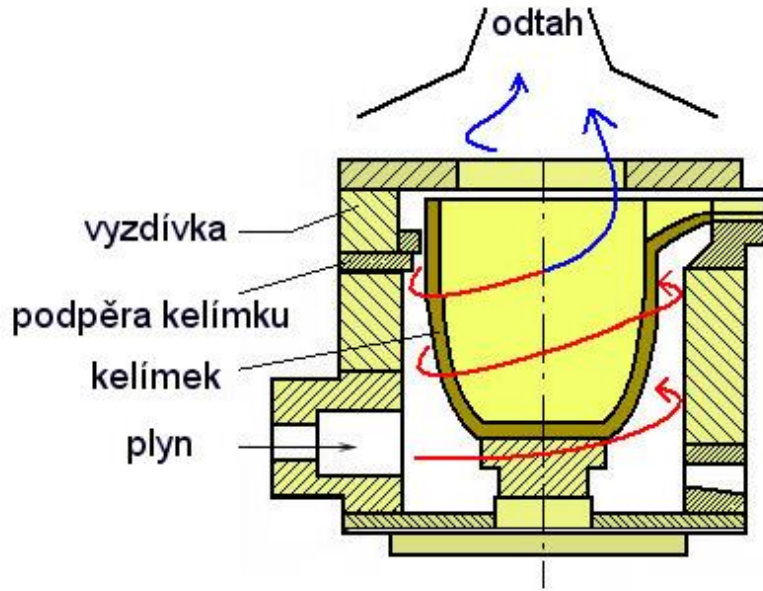
Elektrické obloukové pece

- Tavení - ocel, výjimečně LKG.

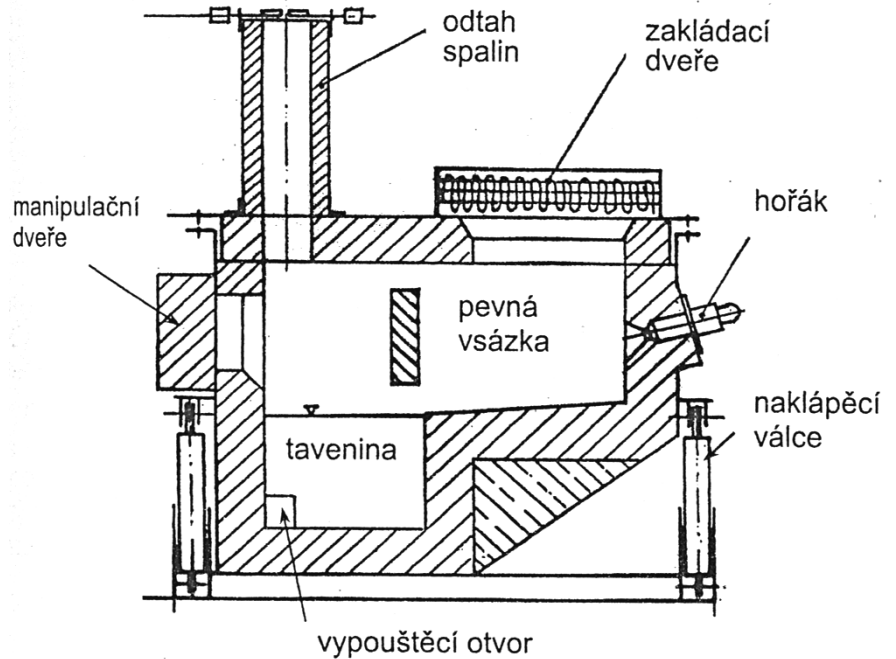


Plynové pece

- Kelímkové pece - tavení neželezných slitin.



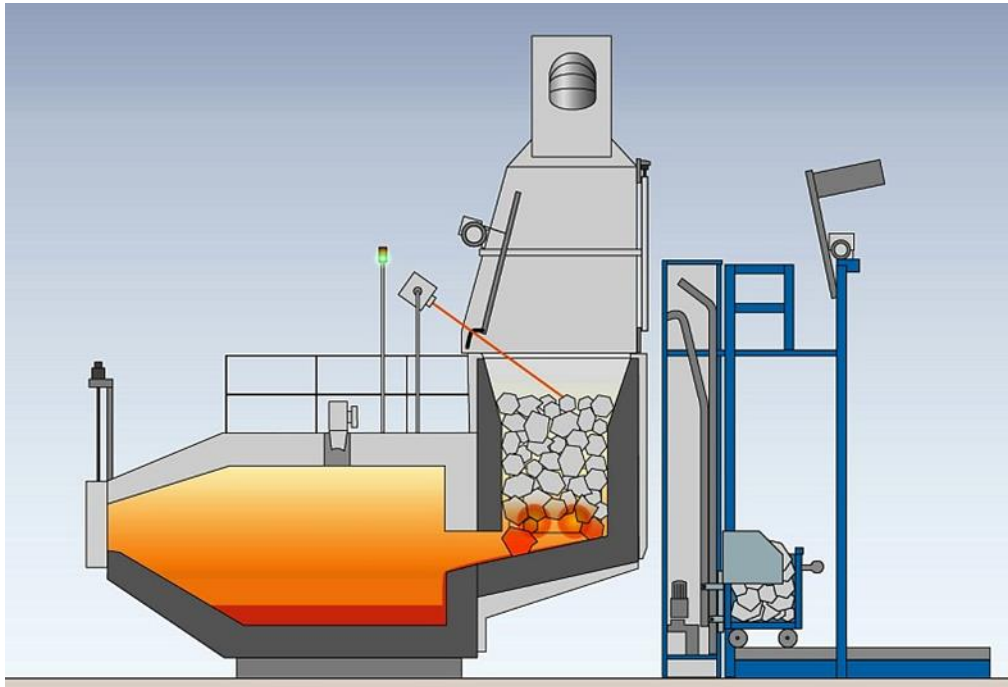
Plynová pec kelímková



Plynová pec dvoukomorová (vanová)

Plynové pece

- **Šachtová pec** – tavení slitin hliníku - kelímkové ~ 170 m³/t materiálu, šachtové ~ 100 m³/t materiálu.



Plynové pece

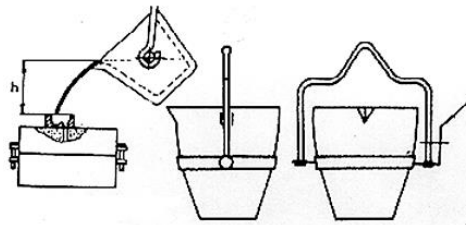
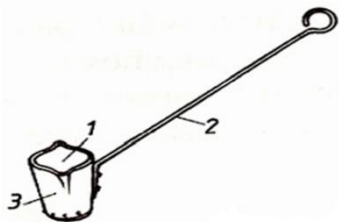
- Tavení – litin a druhotné zpracování neželezných slitin (slitin hliníku).



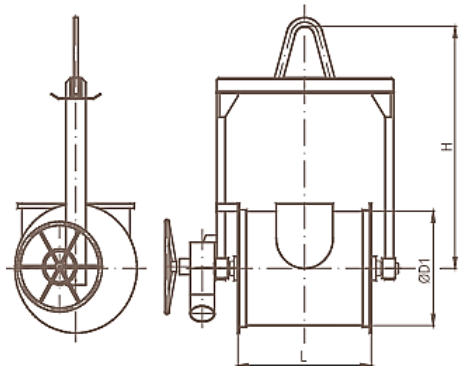
Licí pánve

Licí páve - vlévání taveniny do licí jamky - „odlévání přes hubičku“.

- Ruční hrncové pánve,



- Bubnové pánve



Licí pánev bubnová

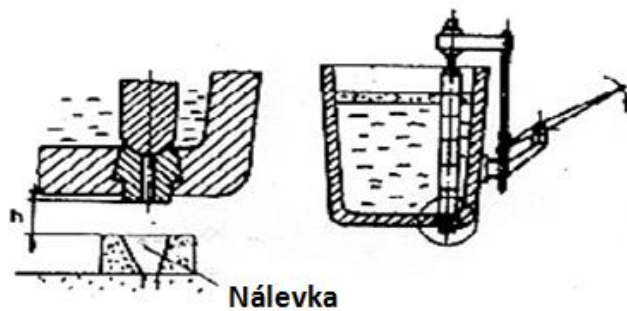


Licí pánev hrncová - čajník

Licí pánve

Licí páve - odlévání spodem.

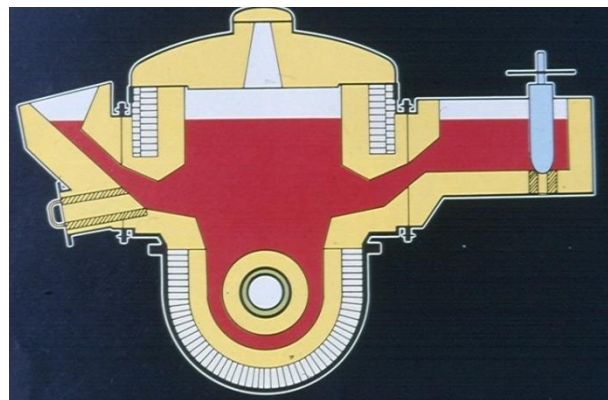
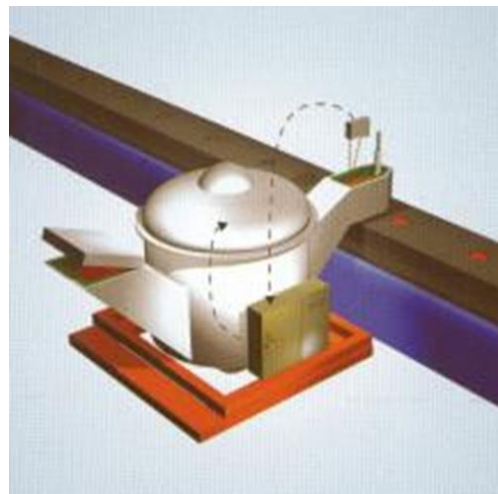
- Pánve zátkové



Licí zařízení



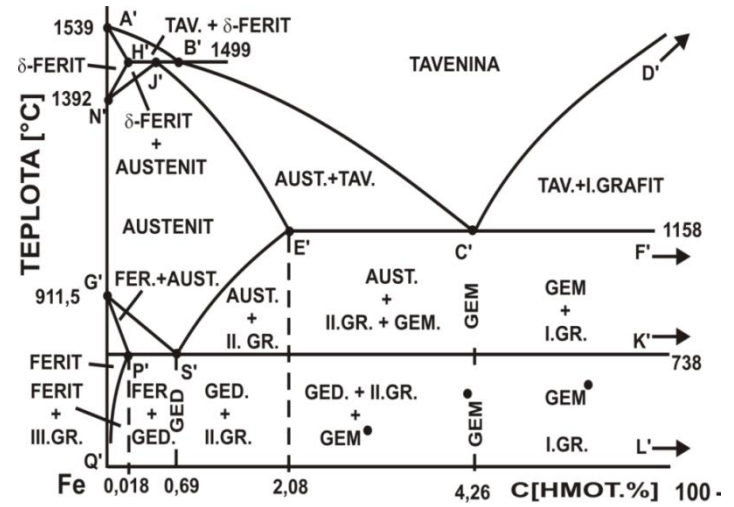
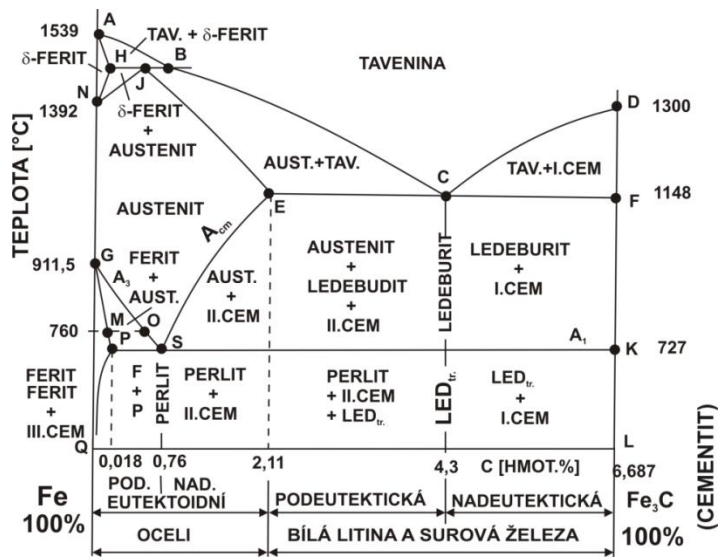
Tlaková licí pec



Automatické licí zařízení

Litiny

- *litiny bílé* – temperování
- *litiny grafitické* - litina s lupínkovým grafitem,
 - litina s kuličkovým grafitem,
 - litina s červíkovitým grafitem.



Mechanické vlastnosti litin



Brzdový buben - 6 kg
Materiál: EN-GJL-250

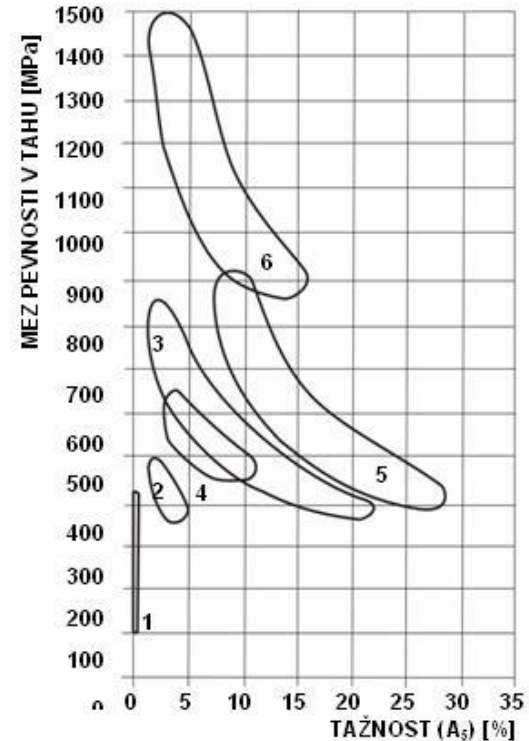
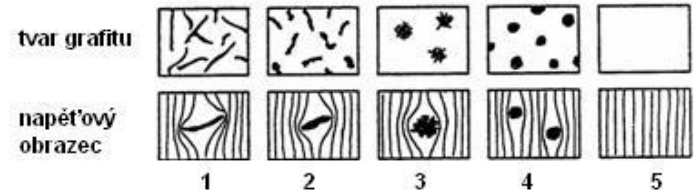


Litinová vložka - 1,75 kg
Materiál: EN-GJL-250

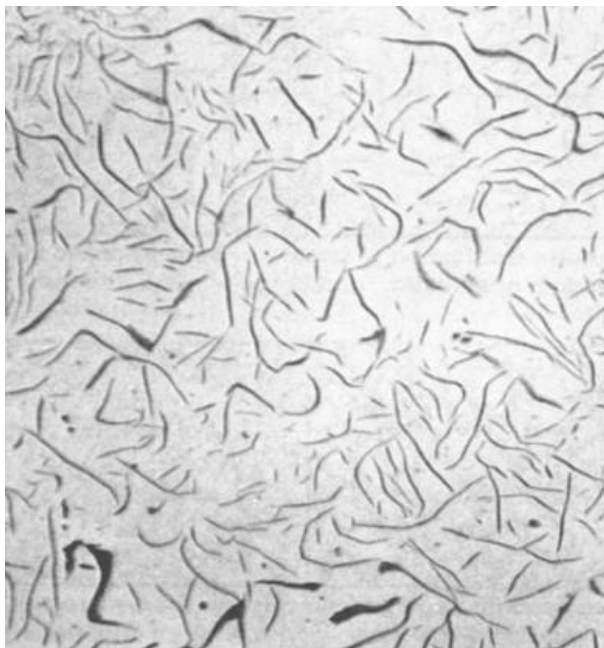


Rameno závěsu - 4,5 kg
Materiál: EN-GJS-400-15

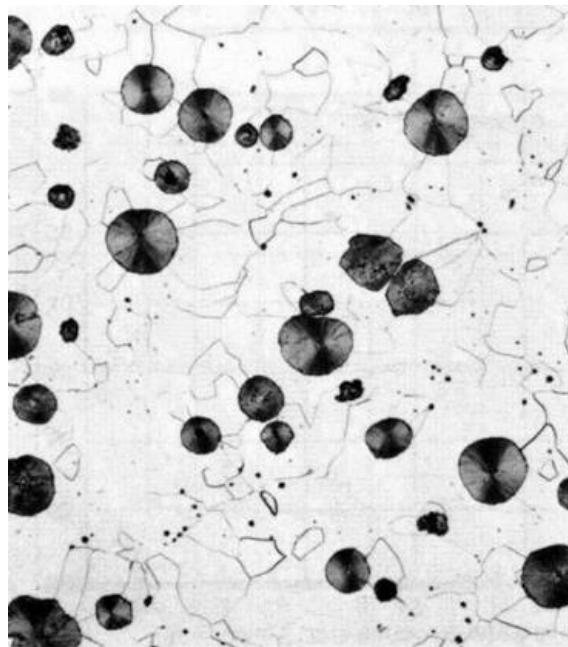
- 1- LLG, 2 - LČG, 3 – LKG,
- 4- Temperovaná litina,
- 5 – ocel na odlitky,
- 6 – ADI (izotermicky kalená LKG)



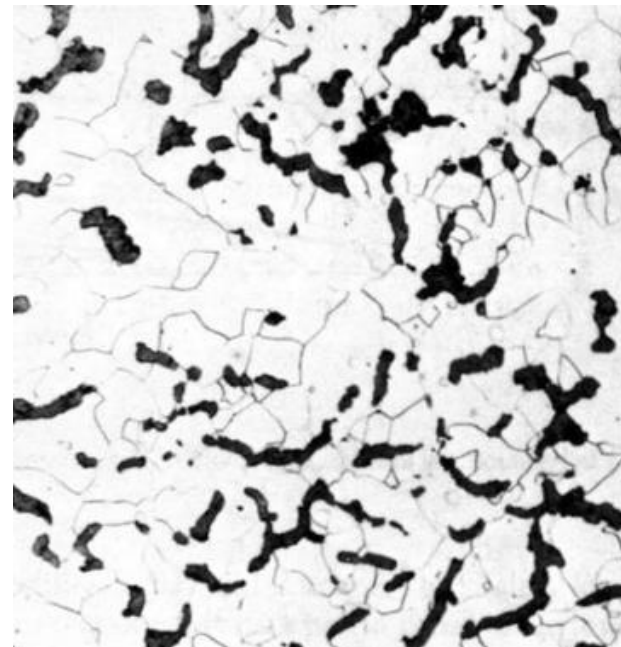
Grafitické litiny



Litina s lupínkovým grafitem



Litina s kuličkovým grafitem



Litina s červíkovitým grafitem

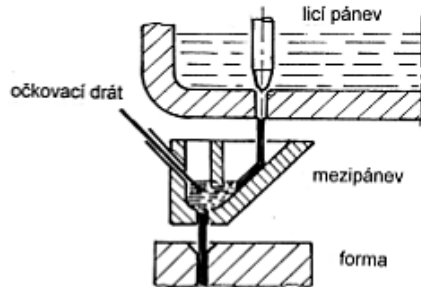
Grafitické litiny

Očkování - např. $FeSi75$, $FeCaSi$,

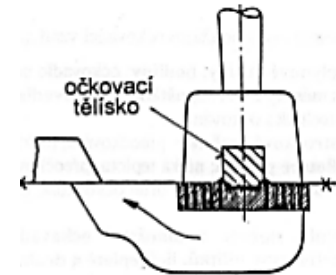
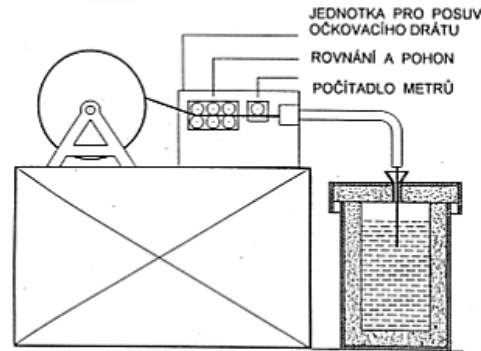
- v pánvi,
- do proudu kovu,
- plněný profil – v mezipánvi, do pánve,
- očkovacími tělísky – na filtru, ve vtokové jamce.



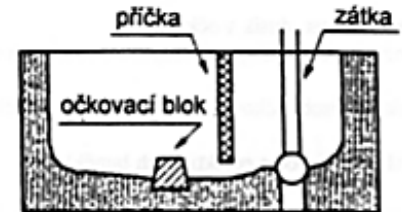
Očkování v proudu kovu



Očkování plněným profilem – v mezipánvi a do pánve



Očkování tělísky na filtru

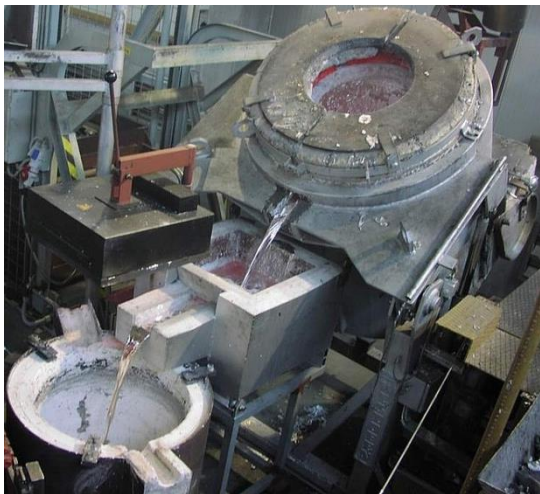


Očkování tělísky ve vtokové jamce

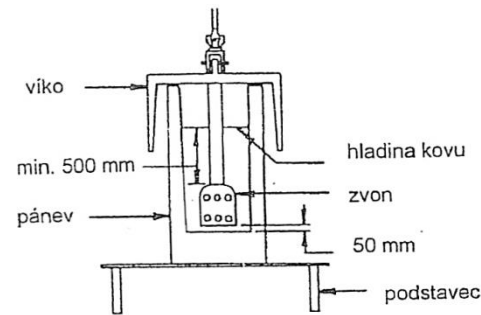
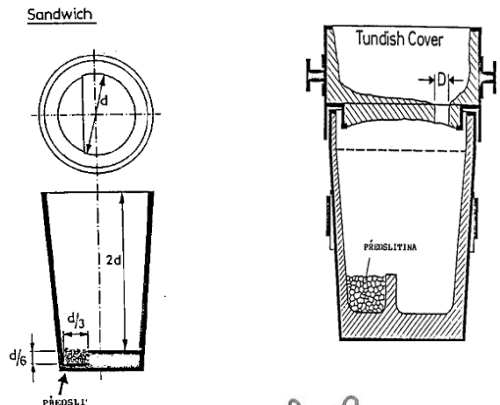
Grafitické litiny

Modifikace – Mg, Ce, KVZ.

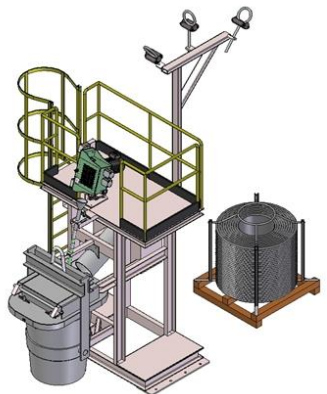
- metody polévací a ponořovací.



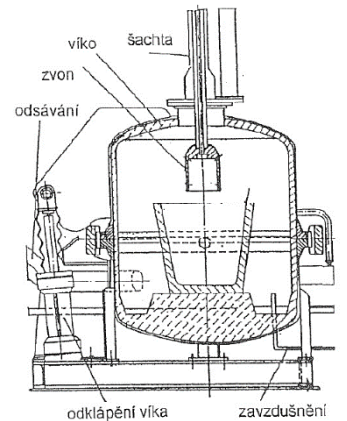
Přelévání – modifikační pánev



Modifikace ponorným zvonem



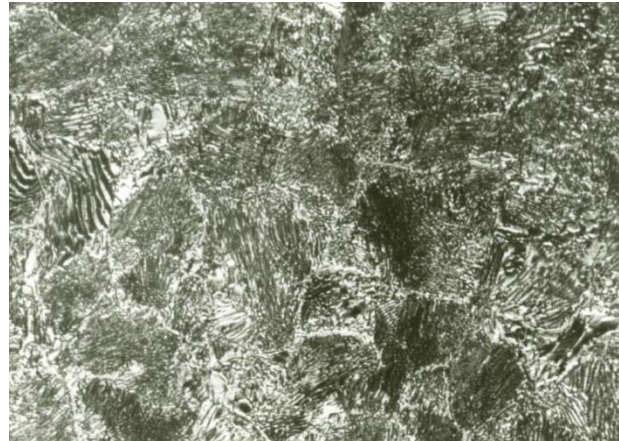
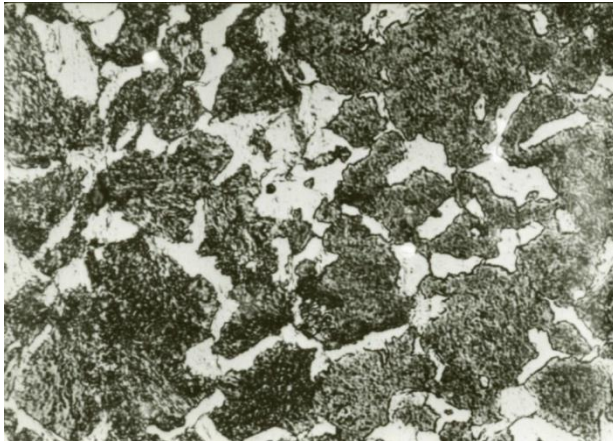
Modifikace plněným profilem



Modifikace v autoklávu

Ocel

- výroba tvarových odlitků z oceli je velmi energeticky náročná;
- tavenina oceli - vysoká teplota lití (cca 1600 °C);
 - velmi stahuje - nálitky;
- ocelový odlitek – normalizační žhání + ke snížení vnitřního pnutí
- pokud je to možné – nahrazují se odlitky z LKG.



Drťící válec – 380 kg, G-X 120Mn18



Turbínová skříň – G17Mn5

Slitiny hliníku

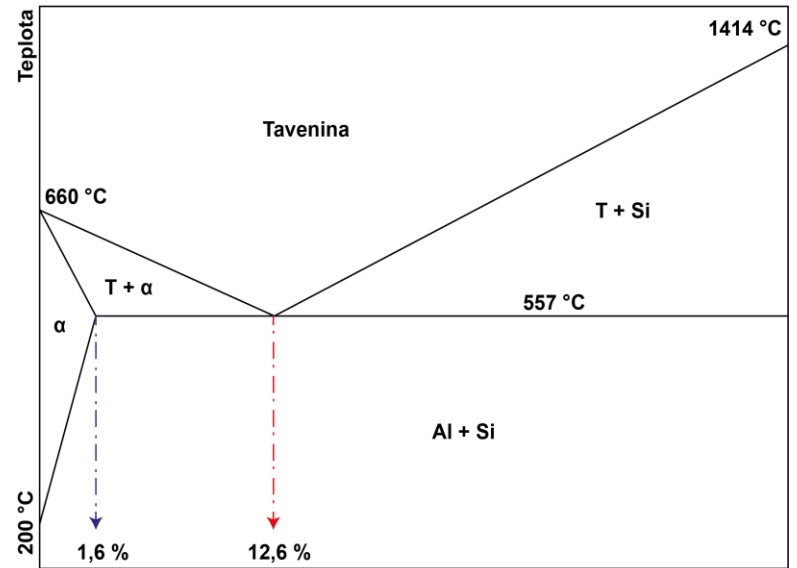
- **Slévárenské slitiny:** - binární typ: Al-Si, Al-Mg, Al-Cu,
 - ternární typ: Al-Si-Mg, Al-Si-Cu, Al-Cu-Si, Al-Mg-Si, atd.
 - slitiny nevytvrditelné a vytvrditelné - možnost tepelného zpracování.
- Volba chemického složení slitiny - posouzení nároků na užité vlastnosti a způsob výroby odlitku,
- Mechanické vlastnosti - podle typu slitiny, způsobu odlévání a tloušťky stěny:
 - běžné slitiny - mez pevnosti v litém stavu 150-250 MPa,
 - po vytvrzování = zvýšení pevnosti a tvrdosti o 30 - 50 %, tažnost 1 – 4 %, lze zvýšit modifikací.
 - tvrdost Al-Mg = 50 HB; Al-Si v lité stavu 60-80 HB a po vytvrzení až 100 HB,
 - slitiny Al = maximální provozní teplota 350 °C,
 - za zvýšených teplot: Al-Si = pokles už při teplotách 200 °C; Al-Cu = stabilita do 250 °C,
- Technologické vlastnosti: - slévárenské vlastnosti, obrobiteľnosť, odolnosť korozi, svařitelnost, možnost povrchové úpravy, atd.

Slitiny hliníku s křemíkem (Siluminy)

- Al-Si
- Al-Si-Cu
- Al-Si-Mg



	Označení skupiny slitin	
Skupina slitin	Číselné	Chemickými značkami
AlCu	EN AC - 21xxx	EN AC - AlCu4
AlSiMgTi	EN AC - 41000	EN AC - AlSi2MgTi
AlSi7Mg	EN AC - 42xxx	EN AC - AlSi7Mg
AlSi10Mg	EN AC - 43xxx	EN AC - AlSi10Mg
AlSi	EN AC - 44xxx	EN AC - AlSi12
AlSi5Cu	EN AC - 45xxx	EN AC - AlSi6Cu4
AlSi9Cu	EN AC - 46xxx	EN AC - AlSi9Cu3
AlSi(Cu)	EN AC - 47xxx	EN AC - AlSi12(Cu)
AlSiCuNiMg	EN AC - 48xxx	EN AC - AlSi12CuNiMg
AlMg	EN AC - 51xxx	EN AC - AlMg
AlZnSiMg	EN AC - 71100	EN AC - AlZn10Si8Mg



Rovnovážný diagram slitiny Al-Si

Slitiny hliníku s křemíkem (Siluminy)

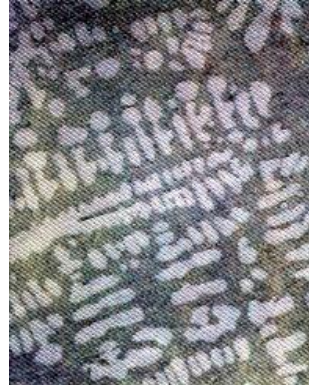
AlSi5Mg



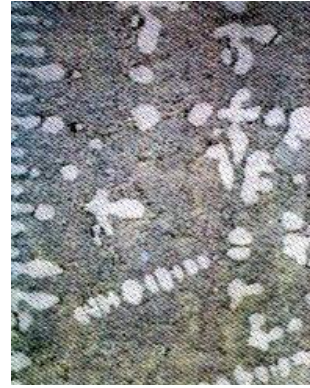
AlSi7Mg



AlSi9Mg



AlSi12Mg



Eutektická fáze (šedá)



Primární α -fáze (bílá)



Slitiny hliníku s křemíkem (Siluminy)

- Tavení,
- rafinace – odstranění oxidů a odplynění,
- očkování - Ti, P,
- modifikace - Na, Sr, atd.



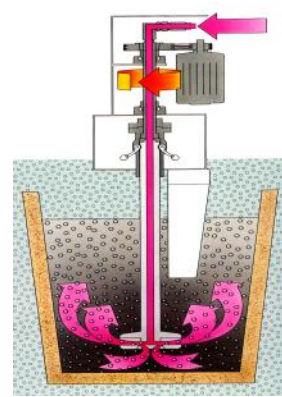
Tavení



Přelití taveniny



Rafinace taveniny



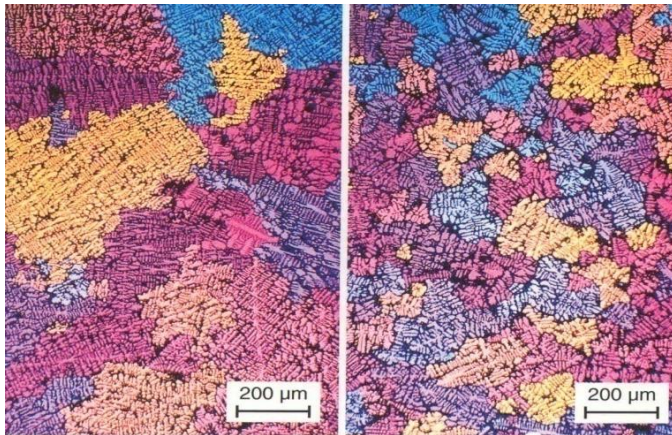
Odplynění taveniny - FDU



Slitiny hliníku s křemíkem (Siluminy)

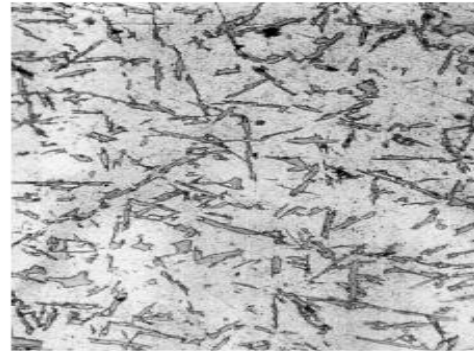
Modifikace + očkování

- očkování - Ti, P;
- modifikace - Na, Sr, Sb atd.

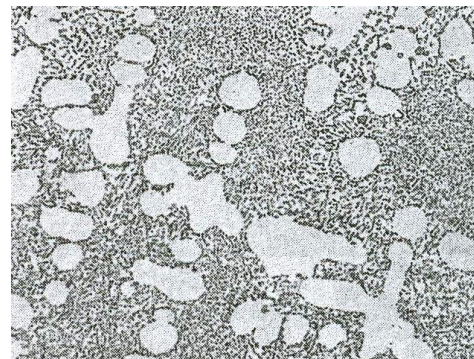


Bez zjemnění

Zjemněno



Struktura slitiny Al-Si



Modifikovaná struktura

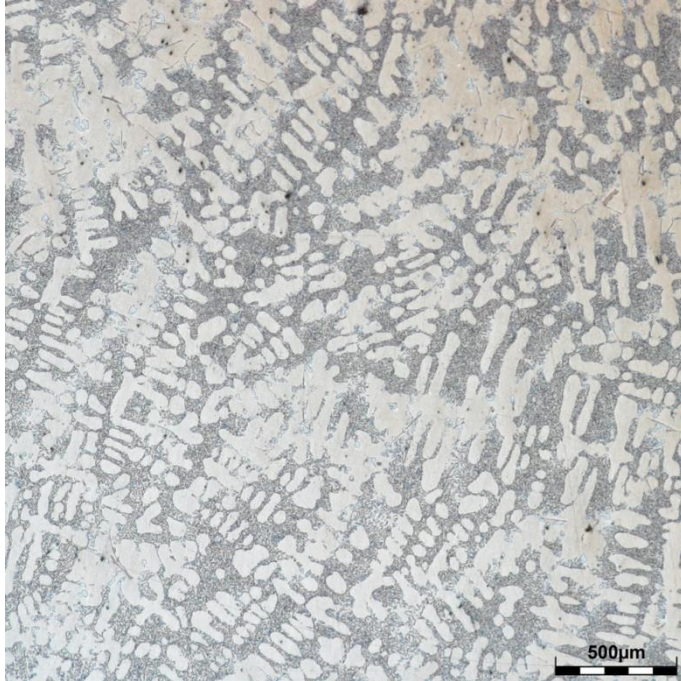


Nemodifikováno:
*Lom křehký s hrubými lesklými
útvary na povrchu.*

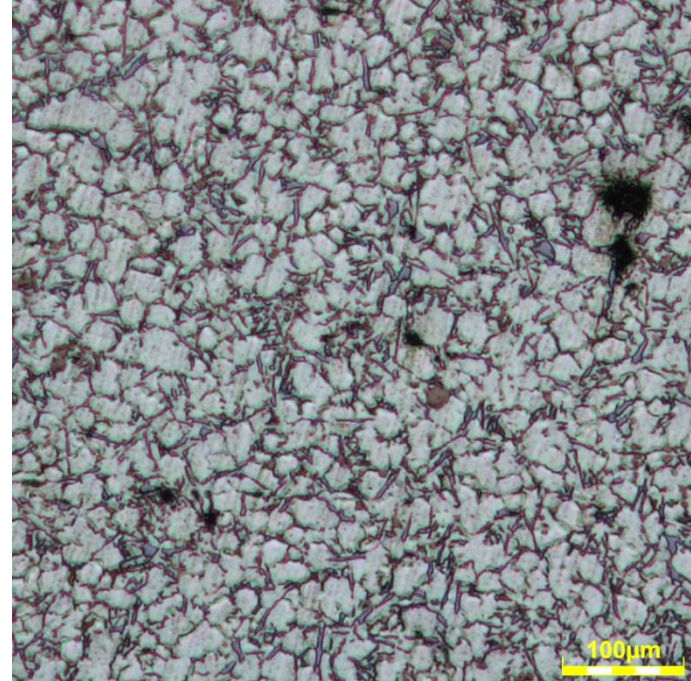


Modifikováno:
*Lom houževnatý s matným
a jemným povrchem.*

Slitiny hliníku s křemíkem (Siluminy)



Struktura odlitku z pískové formy



Struktura vysokotlakého odlitku

Slitiny hořčíku

- Výhody - nízká hustota ($1700-1900 \text{ kg. m}^{-3}$),
 - nízká teplota tání,
 - výhodný poměr hmotnosti a pevnosti.
- Nevýhody - vysoká afinita s kyslíkem,
 - špatná tvářitelnost za studena,
 - špatná odolnost korozi,
 - proti slitinám Al - větší tepelná roztažnost.
- Slitiny: Mg-Al (3 – 9 % Al),
Mg-Al-Zn,
Mg-Mn,
superlehké slitiny Mg-Li.
- Náročná výroba - tavení a odlévání se provádí v ochranné atmosféře.
 - odlitky pro letecký a automobilový průmysl.



Automobilový průmysl



Blok motoru vozu Ferrari

Slitiny hořčíku

- **tavení** (ochranná atmosféra)
- **rafinace** (vměstků, vodíku a nežádoucích rozpustných sloučenin)
- **očkování**
- **odlévání** - gravitační do pískových forem, do skořepin, do kovových forem)
 - nízkotlaké lití
 - vysokotlaké lití
 - thixomoulding



Slévárna Explat



Skříň leteckého bloku motoru

Slitiny zinku

Technická praxe - slitiny zinku,

- Hlavní přísadový prvek ve slitinách zinku → Al → Zn-Al = 4 - 27 % Al,
- vedlejší přísadové prvky → Cu (0,5 – 3 % Cu), Mg (0,01 – 0,03 %).

- velmi dobré mechanické vlastnosti za normální teploty,
- nevýhoda – pokles mechanických vlastností při teplotách vyšších než 120°C a nižších než 20°C,
- odolnost opotřebení - díky vysoké tvrdosti,
- obrobitelnost,
- povrchová úprava.



Nikl



Lak

Slitiny zinku

Tavení - plynové a elektrické pece;

- není nutné provádět rafinaci ani odplynění taveniny,

Odlévání - tlakové lití,

- odstředivé lití,

- gravitační lití – pískové, kovové, keramické formy,

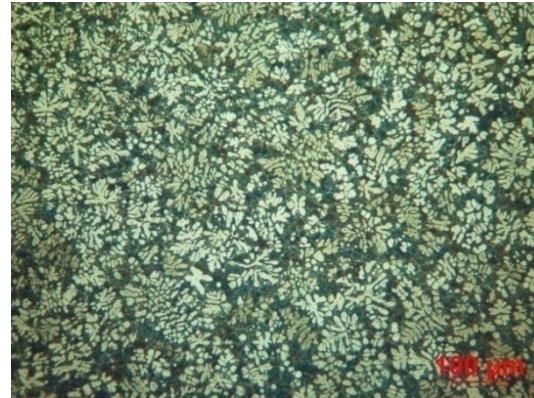
- sklopné lití.



Odstředivé lití



Tlakově lité díly

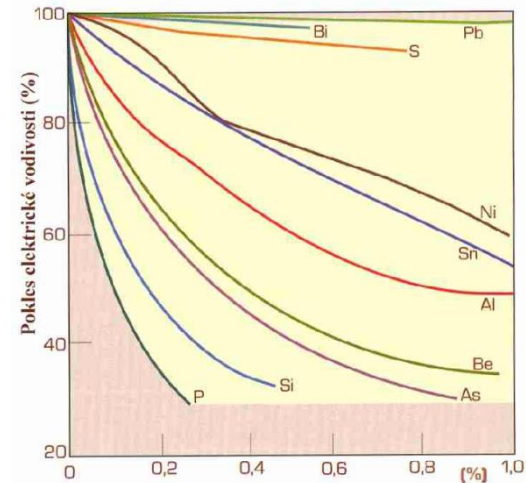


Tlakově lité ZnAl4Cu3 = Zamak 2

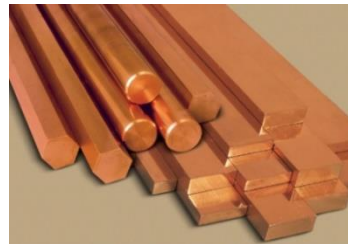
Slitiny mědi

- Měď - těžký neželezný kov se střední teplotou tání,
- vynikající elektrická a tepelná vodivost,
 - standart elektrické vodivosti = 100% IACS;
 - přísadové prvky a nečistoty = výrazný vliv,

Měď	
Teplota tání	1083 °C
Hustota	8940 kg.m ⁻³
Měrná tepelná kapacita	384 J.K ⁻¹ .kg ⁻¹
Skupenské teplo tání	209 300 J.kg ⁻¹
Tepelná vodivost	394 W.m ⁻¹ .K ⁻¹
Krystalová mřížka	Kubická plošně centrovaná
Mez pevnosti v tahu	220 MPa
Modul pružnosti v tahu	130 000 MPa
Tvrdoost	50 HB
Tažnost	50%



Vliv prvků na elektrickou vodivost mědi



Slitiny mědi

Mosaz - více než 55% Cu;

- střední mechanické vlastnosti - $R_m = 200 - 300 \text{ MPa}$ (manganová 500 – 750 MPa),
 $A = 10 - 20 \%$; HB = 70 – 100 (legované až 200).

- **tavení** - náročné - oxidace a naplynění vodíkem,
- **odlévání** - gravitační do pískových forem, gravitační a odstředivé lití do kovových forem,
 - tlakové lití - zředka.
 - hutní provozy – kontinuální lití.
- **použití** - výroba vodovodních armatur, součásti čerpadel, pouzder, ventilů, atd.



Slitiny mědi

Bronzy

- Podle hlavního přísadového prvku - cínové,
 - cíno-olověné,
 - hliníkové;
 - olověné, atd.



Kluzná pouzdra do ložisek

ČSN EN 1982

Bronzy	Rm [MPa]	Rp0,2 [MPa]	A [%]	HBW
Cu-Cr	300	200	10	95
Cu-Sn (Pb, Ni, Zn)	175 - 310	75 - 180	4 - 12	50 - 95
Cu-Al (Fe, Ni)	470 - 750	170 - 380	5 - 15	100 - 185
Cu-Mn (Al, Fe)	630	275	18	150
Cu-Ni (Fe, Mn)	280 - 440	100 - 250	18 - 25	70 - 115

