



Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích

Moderní slévárenské technologie

Přednášky pro studijní program Strojírenství

Doc. Ing. Ladislav SOCHA, Ph.D. a kol.



Materiálové vlastnosti slitin neželezných kovů

Přednáška č. 11



Materiálové vlastnosti

- ✓ Slitiny neželezných kovů vychází z komplexního posouzení nároků na užité vlastnosti i způsob výroby odlitků

- ✓ **Rozhodující při výběru vhodné slitiny bývají zejména tyto parametry:**
 - *Technologické vlastnosti*
 - *Mechanické vlastnosti*
 - *Možnost tepelného zpracování*

Technologické vlastnosti

- ✓ Zjišťují se podle některých ukazatelů, důležitých pro posouzení vhodnosti materiálu pro určitý způsob technologického zpracování
- ✓ Jsou takové vlastnosti slitin, které souvisí se způsobem výroby součástí
- ✓ Tyto ukazatele nelze vyjádřit v přesně definovaných základních veličinách, majících fyzikální význam
- ✓ K zajištění porovnatelnosti a reprodukovatelnosti výsledků zkoušek je nutno dodržovat jednotné podmínky, které stanoví norma
- ✓ Na technologické vlastnosti působí velké množství vlivů, např. tvářitelnost materiálů, tj. zpracování kování, válcováním, lisováním apod., ale i na teplotě, při níž se tváření děje nebo na způsobu tváření aj.
- ✓ Nejdůležitějšími technologickými vlastnostmi jsou slévárenské vlastnosti, obrobitelnost, odolnost proti korozi, svařitelnost, těsnost, někdy rovněž speciální vlastnosti, jako např. lešitelnost, možnost povrchové úpravy apod.





Slévárenské vlastnosti

- ✓ Soubor vlastností nutných k vytvoření dobrého odlitku
- ✓ Úzce souvisí se šířkou intervalu tuhnutí dané slitiny
- ✓ Na slévatelnost má také vliv tepelná vodivost, délková a objemová roztažnost, teplota tání a tuhnutí, viskozita, průběh tuhnutí a jiné vlastnosti, ale také technologický postup, vlastnosti formy, do níž je tekutý kov odléván, např. její tepelná vodivost, její teplota apod.
- ✓ Nejlepší slévárenské vlastnosti mají slitiny s úzkým intervalem tuhnutí, tj. s chemickým složením, které se blíží buď čistému kovu, nebo ke složení eutektickému
- ✓ Naopak slitiny se širokým intervalem tuhnutí mívají slévárenské vlastnosti špatné, mají horší zabíhavost a zejména mají sklon ke vzniku rozptýlených staženin a mikrostaženin
- ✓ Jejich nálitkování je málo účinné, nálitky mají krátkou dosazovací vzdálenost, důsledkem toho je netěsnost odlitků

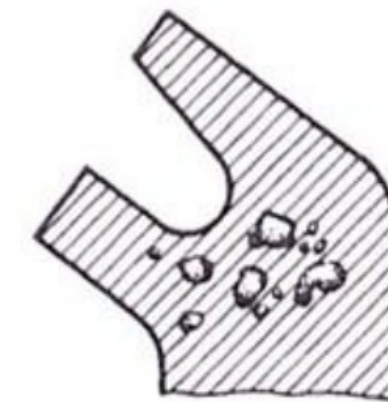
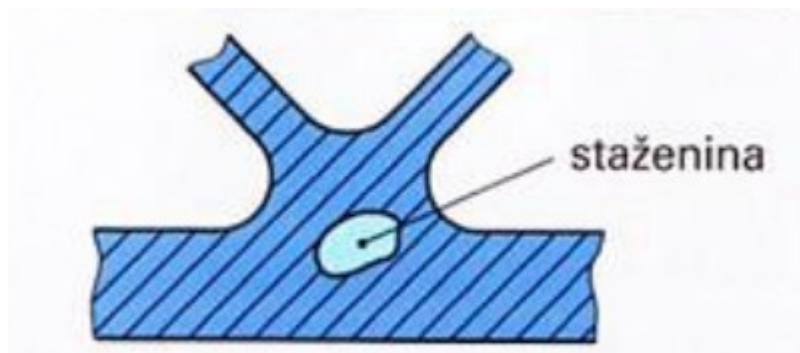
Slévárenské vlastnosti

✓ *Vlastnosti, které souvisí s procesem odlévání jsou především:*

- *Zabíhavost slitiny*
- *Sklon ke vzniku soustředěných staženin nebo ředin*
- *Sklon k naplynění taveniny a ke vzniku plynových dutin v odlitcích*
- *Sklon ke vzniku trhlin*



tvoření staženin na místech styku nestejně silných stěn



bubliny ve struktuře odlitku



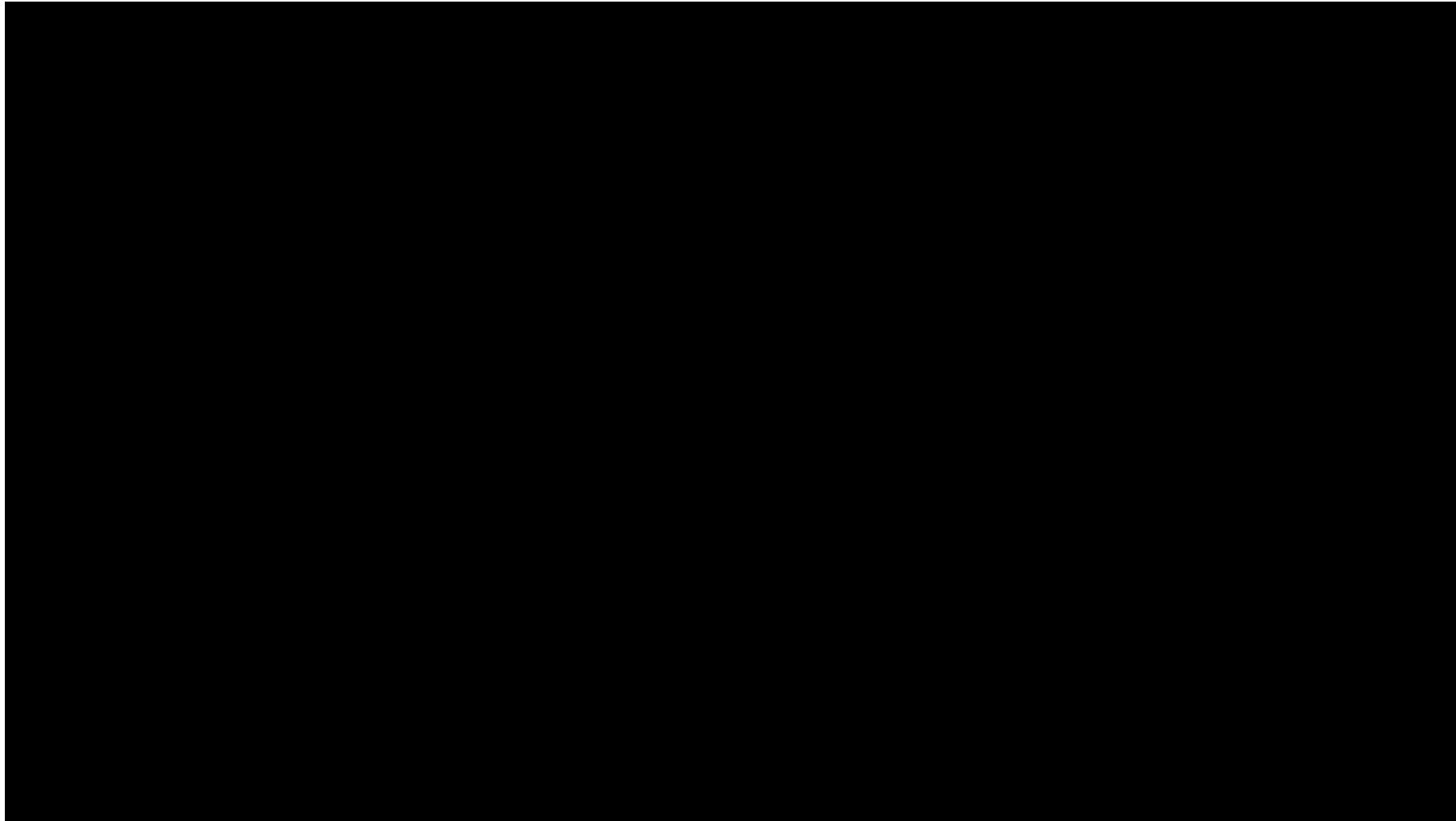
trhliny ve struktuře odlitku

✓ Zabíhavost

- Technologická vlastnost, která udává schopnost tekutého kovu zaplňovat dutinu formy
- Při posuzování schopnosti odlévání slitiny je nutno rozlišovat mezi tekutostí a zabíhavostí
- Tekutost je fyzikální vlastnost, která je charakterizována viskozitou tekutého kovu a se zabíhavostí souvisí pouze částečně
- Zabíhavost je závislá na šířce intervalu tuhnutí dané slitiny
- Zabíhavost, jako technologická vlastnost určuje, jak tenkostěnné odlitky je možno odlévat a jak přesně bude kov kopírovat dutinu formy
- Praktická zkouška tekutosti (zabíhavosti) se dělá v zaformované spirálové drážce zkušební formy tak, že kov (slitina) se nalévá do formy tak dlouho, až je vtok formy plný
- Po vychladnutí se odlitek vyjme z formy a zjistí se, kam až kov v drážce zatekl; proměřením rozměrů odlitku a rozměrů modelu se zjistí smrštění



Zabíhavost



Slévárenské vlastnosti

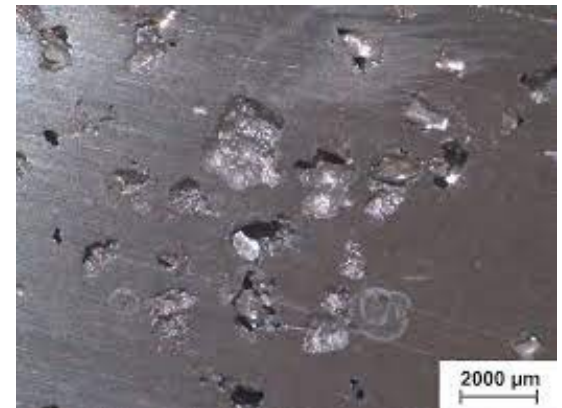
✓ Sklon ke vzniku staženin

- *Charakterizuje objemový úbytek kovu během tuhnutí a tendenci ke vzniku soustředěných (vnitřních nebo vnějších) staženin, nebo rozptýlených staženin a ředin*
- *Slitiny se sklonem ke vzniku soustředěných staženin lze dobře nálitkovat, odlitky mají dobrou těsnost*
- *Takto tuhnou zejména slitiny s chemickým složením blízkým složení eutektickému*
- *Slitiny se širokým dvoufázovým intervalem mají naopak sklon ke vzniku rozptýlených staženin a obtížně se nálitkují, takové odlitky mívají horší těsnost*

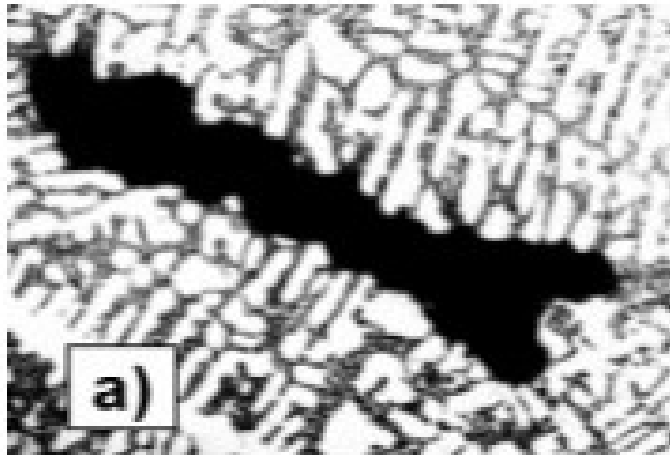


✓ Sklon k naplynění

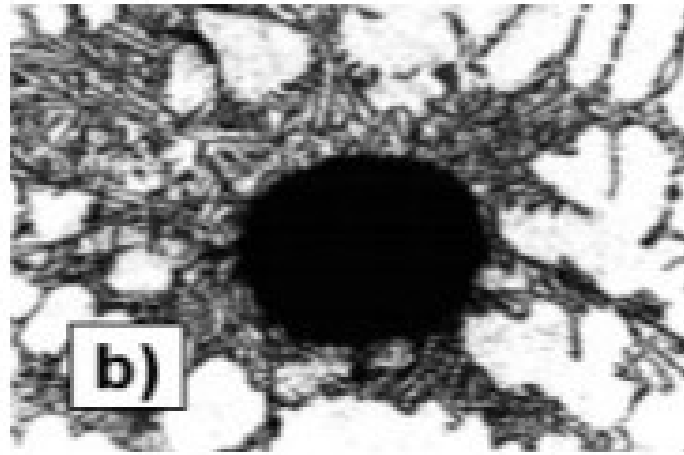
- *Je charakterizován rozpustností plynů v tekutém stavu*
- *Některé prvky naplynění zvyšují, jiné naopak snižují*
- *Úroveň naplynění taveniny rozhoduje o tvorbě plynových dutin v odlitku*



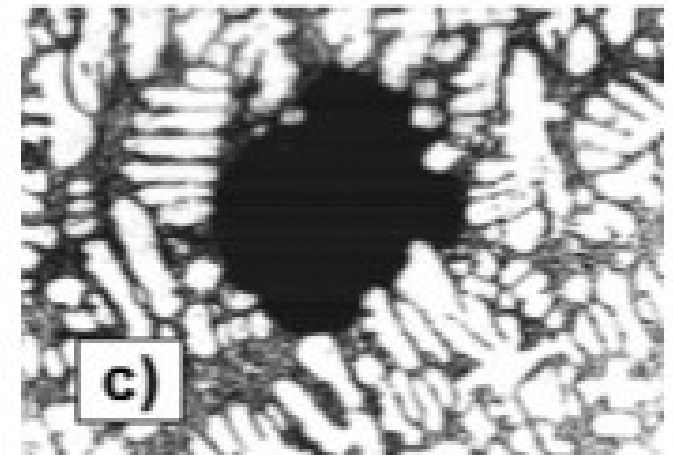
Slévárenské vlastnosti



a) mikrostaženina



b) plynová bublina



c) porezita (plyn a mikrostaženina)

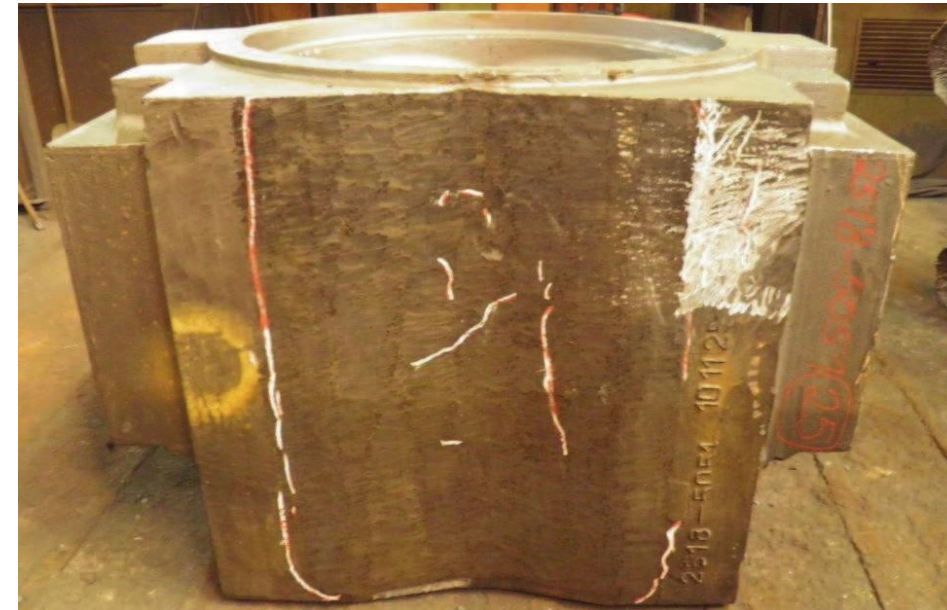
Slévárenské vlastnosti

✓ Odolnost proti vzniku trhlin a prasklin

- Je schopnost odolávat napětí, které vzniká vlivem smršťování v oblasti teplot tuhnutí a během ochlazování
- Tato vlastnost je velmi důležitá zvláště u odlitků s nerovnoměrnými tloušťkami stěn a tvarově složitých odlitků

✓ Důležité technologické vlastnosti představuje:

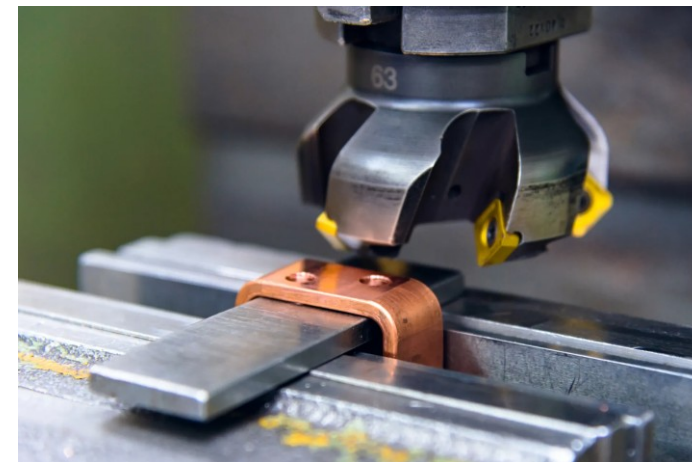
- *Obrobitelnost*
- *Odolnost proti korozi*
- *Svařitelnost, leštitelnost a nepropustnost*



Technologické vlastnosti

✓ Obrobitelnost

- *Míra schopnosti daného materiálu být zpracován technologií obrábění*
- *Dána kombinací velikosti obráběcích sil, charakteru třísek, kvality obrobeného povrchu a životnosti ostří obráběcích nástrojů*
- *U slitin hliníku je měď typickým prvkem, který zlepšuje obrobitelnost, slitiny s mědí mívají krátkou třísku a hladký obrobený povrch*
- *Obrobitelnost zhoršují zvláště tvrdé fáze, které vznikají jako intermetalické sloučeniny přísadových prvků nebo nečistot – typický je nepříznivý vliv železa*



✓ Odolnost proti korozi

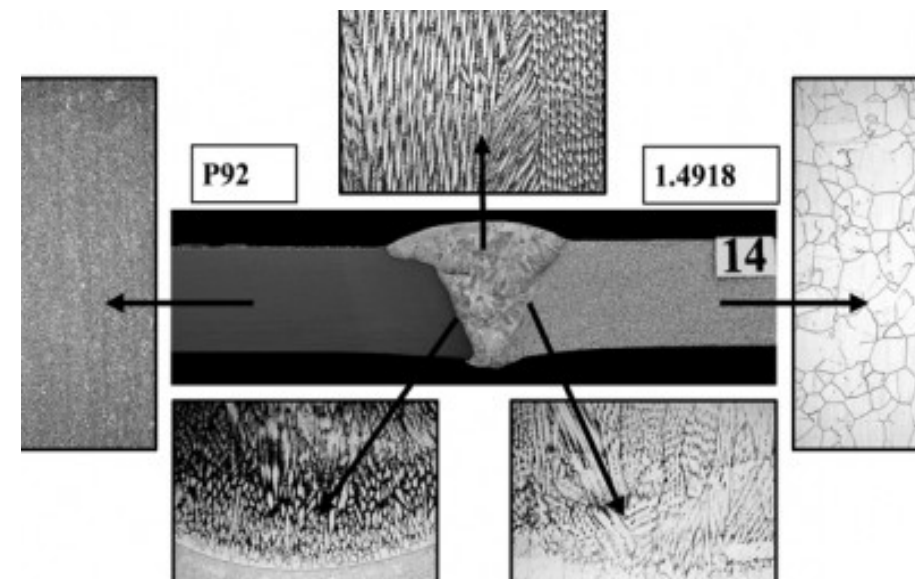
- *Indikuje schopnost odolávat chemickému působení plyných nebo kapalných prostředí*
- *Elektrochemická koroze způsobuje povrchové nebo hloubkové reakce mezi některými fázemi slitiny a korozním médiem, eventuálně rozpouštění některých složek slitin v korozním prostředí*
- *Slitiny Al-Si mají poměrně dobrou odolnost proti korozi*
- *Prvkem, který jejich korozní odolnost zhoršuje je zvláště měď*
- *Výbornou odolnost proti korozi mají slitiny Al-Mg*



slitina Al-Mg

✓ Svařitelnost

- Schopnost spojování různými technologiemi svařování a dosažitelnost pevnosti a kvality spojů



✓ Leštitelnost

- Schopnost povrchového zpracování odlitků



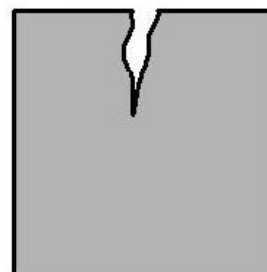
✓ Nepropustnost

- Schopnost bránit pronikání tlakového media – plynu nebo kapaliny skrze stěny odlitku
- Těsnost odlitků souvisí zejména s výskytem mikrostaženin nebo prasklin
- Rovněž přítomnost oxidických vměstků v kovu těsnost odlitků významně zhoršuje
- Nepropustnost se zjišťuje tlakovými zkouškami

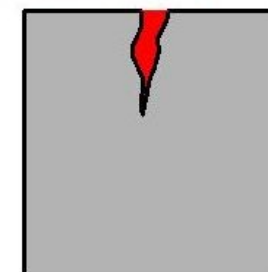
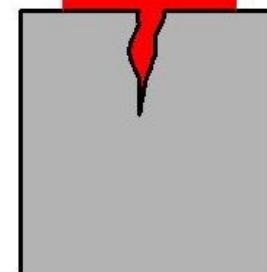
KAPILÁRNÍ ZKOUŠKA

Indikační látky	Petrolej, fluorescenční olej, zbarvený petrolej
Detekční látky	Vápenné mléko, práškový uhličitán, uhličitán s acetonem

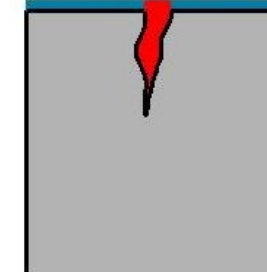
materiál s vadou



nanesení a setření indikační látky



nanesení detekční l.



Mechanické vlastnosti slitin

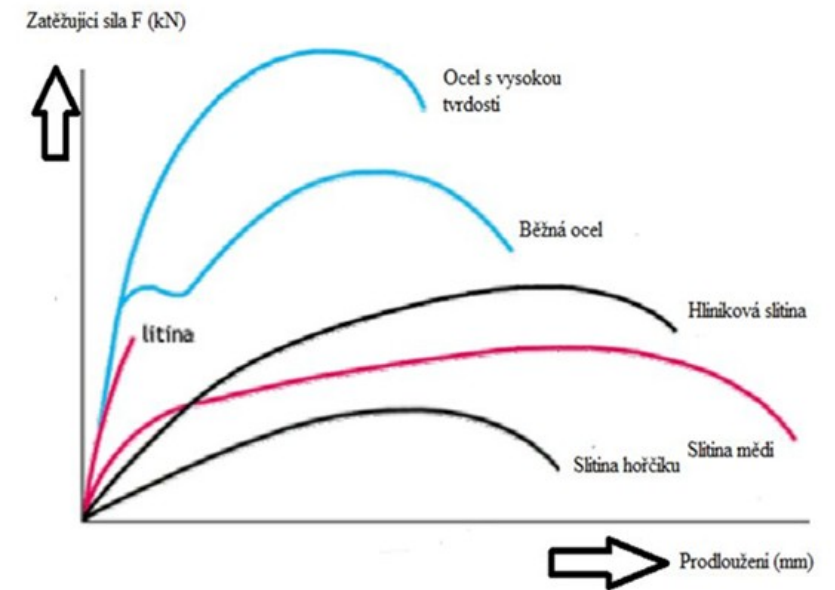
- ✓ Závislé na vlastnostech základní kovové matrice
- ✓ Závislé zejména na druhu a vlastnostech základní kovové hmoty, na disperzitě strukturních složek, na přítomnosti a tvaru intermetalických fází a na tepelném zpracování
- ✓ Jemnozrnná struktura jednoznačně zlepšuje všechny mechanické a také řadu technologických vlastností slitin
- ✓ Citlivost vlastností hliníkových slitin na rychlost tuhnutí je velmi vysoká, proto se při jejich odlévání preferují takové metody, které zajišťují vysokou rychlost ochlazování při tuhnutí
- ✓ Při zvýšení teploty (u Al slitin již na 200 °C) se mechanické vlastnosti snižují

- ✓ **Důležité mechanické vlastnosti představují:**
 - pružnost, pevnost, plasticita, houževnatost

✓ Mez pevnosti

- Běžných hliníkových slitin se v litém stavu (podle slitiny, způsobu lití a tloušťky stěny) pohybuje v rozmezí asi 150 – 250 MPa
- Pevnostní vlastnosti se velmi podstatně zvyšují vytvrzováním
- Vytvrditelné slitiny obsahují obvykle hořčík nebo měď a jedná se o slitiny typu Al-Si-Mg, Al-Si-Cu nebo Al-Cu
- Vytvrzením se zvyšuje mez pevnosti R_m a tvrdost oproti litému stavu o 30 až 50 %, mez $R_{p0,2}$ se zvyšuje až o 80 %
- Po vytvrzení lze u slitin Al-Si-Mg dosáhnout pevnosti až kolem 330 MPa
- Mezi vysokopevné slitiny patří zejména slitiny typu Al-Cu

TAHOVÝ DIAGRAM

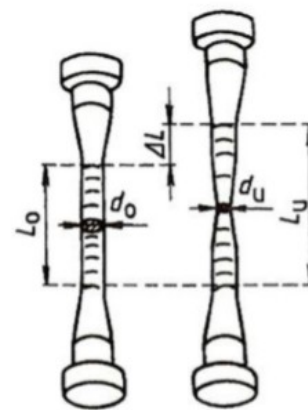


✓ Tažnost

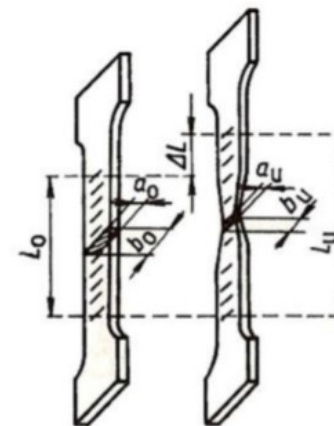
- Běžných hliníkových slitin je v řádu 1-4 %
- Značného zvýšení tažnosti slitin Al-Si lze dosáhnout modifikací eutektika
- Pevnostní vlastnosti se modifikací zvyšují jen poměrně málo – maximálně asi o 50 %, ale tažnost roste až o 200 %
- Tvrdost slitin typu Al-Si v litém stavu se pohybuje obvykle v rozmezí 60-80 HB
- Vytvrzováním lze dosáhnout zvýšení tvrdosti na hodnoty kolem 100 HB
- Tvrdost slitin Al-Mg je nižší, obvykle kolem 50 HB



zkušební tyč



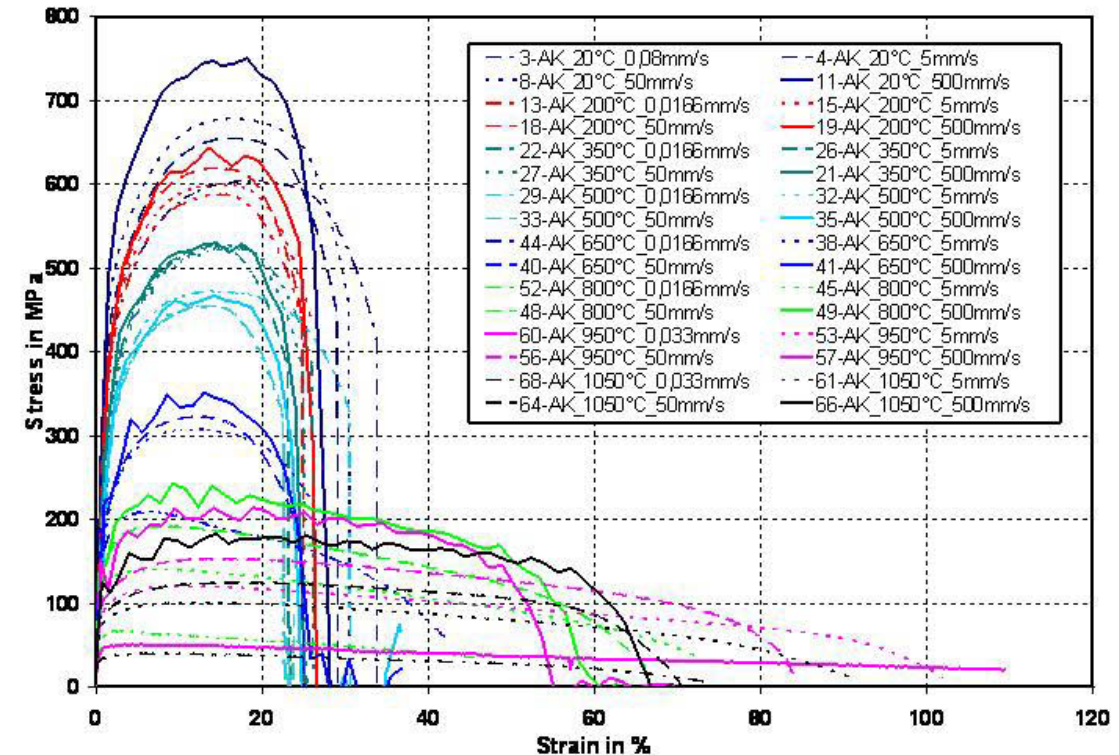
zkušební tyč kruhová



zkušební tyč plochá

Za zvýšených teplot

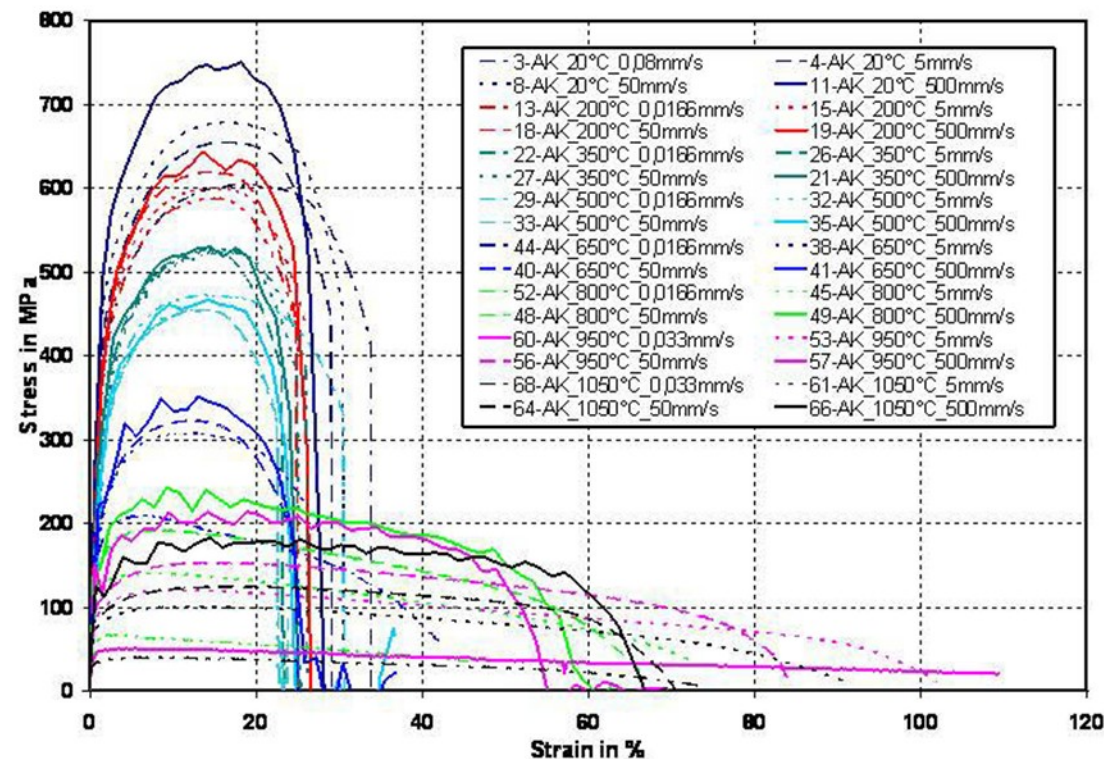
- ✓ Se mechanické vlastnosti poměrně rychle snižují
- ✓ U slitin Al-Si a Al-Si-Mg dochází k výraznějšímu poklesu již při teplotách nad asi 200 °C
- ✓ Vytvrzené slitiny za těchto teplot svoje vlastnosti rychle ztrácejí a pod působícím napětím dochází k tečení
- ✓ Teplotní stabilita slitin Al-Si se zvyšuje přísadou mědi, niklu, případně kobaltu nebo dalších stopových prvků
- ✓ Slitiny Al-Cu si udržují stabilitu vlastností do asi 250 °C
- ✓ Za nejvyšší možnou provozní teplotu se u hliníkových slitin považuje 350 °C



měření deformačních odporů v rozmezí teplot od -150°C až do 1300°

Vlastnosti za nízkých teplot

- ✓ Se díky plošně centrované kubické mřížce hliníku téměř nemění
- ✓ S poklesem teplot pevnost dokonce mírně vzrůstá, tažnost zůstává prakticky stejná
- ✓ Proto jsou všechny typy hliníkových slitin vhodné pro použití za nízkých i kryogenních teplot



měření deformačních odporů v rozmezí teplot od -150°C až do 1 300°

Použité zdroje

- ✓ BOTHE, Otakar. Strojírenská technologie I pro strojírenské učební obory: doporučený učební text pro střední odborná učiliště. Praha: Sobotáles, 1997. ISBN 80-85920-42-5.
- ✓ [online]. [cit. 2021-01-27]. Dostupné z: https://is.vstecb.cz/auth/th/dzxt4/Studium_odplyneni_hlinikovych_tavenin_v_provoznich_podminkach.pdf
- ✓ [online]. [cit. 2021-8-26]. Dostupné z: http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/49406/rychnovský_2020_dp.pdf?sequence=-1&isAllowed=y
- ✓ [online]. [cit. 2021-9-1]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Obr%C3%A1b%C4%9Bn%C3%AD>
- ✓ [online]. [cit. 2021-9-1]. Dostupné z: <https://www.ardon.cz/clanek/146/jake-jsou-metody-svarovani-a-jak-se-na-ne-obleci>
- ✓ [online]. [cit. 2021-9-1]. Dostupné z: <https://www.mtcomax.cz/wp-content/uploads/2021/02/problematika-odplynovani-slitin-alsi.pdf>
- ✓ [online]. [cit. 2021-9-1]. Dostupné z: <https://www.slideshare.net/ErikJankes/vyuit-zenho-naplyovn-slitin-alsi-pi-tlakovmlit>
- ✓ [online]. [cit. 2021-9-1]. Dostupné z: <http://www.matyspasirstvi.cz/kovani-04.php>
- ✓ [online]. [cit. 2021-9-1]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/8375406-Nezelezne-kovy-a-jejich-slitiny-al-cu-ti-mg-ni-mo-sn-pb-a-jejich-slitiny.html>
- ✓ [online]. [cit. 2021-9-1]. Dostupné z: <https://centes.cz/cnc-obrabeni-kovu/>
- ✓ [online]. [cit. 2021-9-1]. Dostupné z: <https://www.comtesfht.cz/mechanicke-zkousky>
- ✓ [online]. [cit. 2021-9-7]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/2985027/>
- ✓ +OPORA VŠTE