

2 ŠTRUKTÚRA A VLASTNOSTI NOVÝCH MATERIÁLOV

VÝVOJOVÉ ZLIATINY ĽAHKÝCH KOVOV

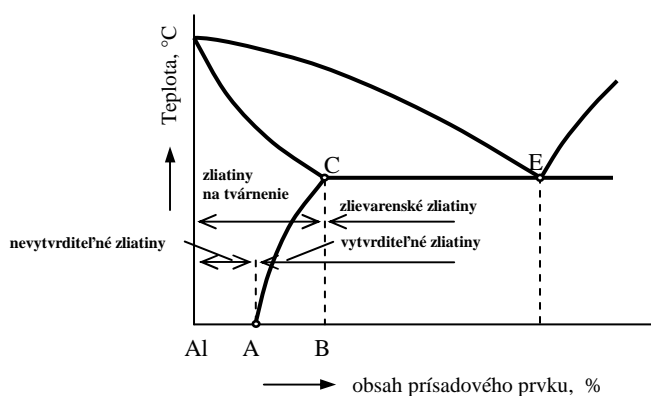
Zliatiny ľahkých neželezných kovov (Al, Mg a Ti) sa významne uplatňujú ako konštrukčný materiál pri výrobe leteckej a inej dopravnej techniky, alebo iných konštrukčných častí, pri ktorých sa požaduje nízka hmotnosť. Zatiaľ čo objem výroby hliníka prevyšuje približne od r. 1960 objem výroby ostatných neželezných kovov, titán sa začal priemyslovo v širšom merítku vyrábať len v prvej polovici 20. storočia. Horčkové zliatiny sa doteraz rozšírili pomerne málo, v posledných rokoch sa však na ich výskum sústreďuje nemalá pozornosť a ich uplatňovanie sa výrazne zvyšuje.

Zliatiny hliníka a ich použitie

Zliatiny hliníka prevyšujú aspoň jednou významnou a využívanou vlastnosťou čistý hliník a je možné ich roztriediť z dvoch hľadísk:

1. Z hľadiska možnosti zvýšenia ich pevnostných vlastností cestou tepelného spracovania ich delíme na:
 - nevytvrditeľné,
 - vytvrditeľné.
2. Z hľadiska technológie spracovania ich delíme na:
 - zliatiny na tvárnenie,
 - zliatiny na odlievanie.

Schéma rozdelenia hliníkových zliatin je na obr. 1.



Obr. 1 Schéma rozdelenia zliatin hliníka

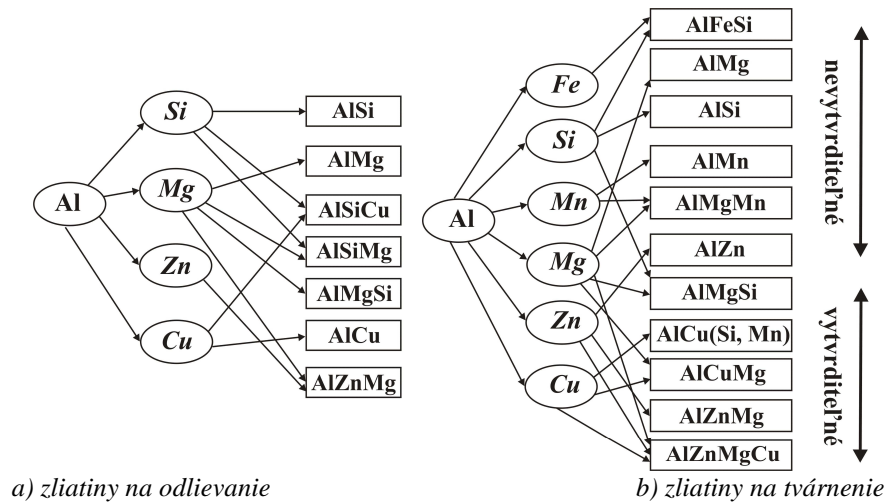
Zlievarenské zliatiny majú vyšší obsah prísadových prvkov, tuhnú preto ako heterogénne; vo výslednej štruktúre sa vyskytuje eutektikum. Najlepšie zlievarenské vlastnosti majú zliatiny s obsahom prísady v okolí eutektickej koncentrácie (bod E), tieto sa tiež najčastejšie používajú.

Nevytvrditeľné zliatiny - obsahujú 5 až 20 % kremíka a ďalšie prísady, z ktorých najdôležitejší je mangán, ktorý eliminuje vplyv prímеси železa. Zvýšenie ich pevnosti nie je možné pomocou tepelného spracovania - vytvrdzovania. Spevnenie je možné tvárnením za studena, pričom sa deformuje kryštálová mriežka a aj jednotlivé kryštály, ktoré sa predlžujú a orientujú podľa smeru a intenzity tvárnenia. Pri tvárnení nastávajú väčšie poruchy a napätia v mriežke, čo spôsobuje sťažený pohyb dislokácií v ďalších sklzových systémoch. Výsledkom je spevnenie zliatiny (od 200 MPa do 300 MPa).

Vytvrditeľné zliatiny - vytvrditeľnosť týchto zliatin je podmienená prítomnosťou Mg alebo Cu. Po tepelnom spracovaní nastáva zvýšenie medze pevnosti (na viac ako 300 MPa) pri súčasnom poklese ťažnosti.

Zliatiny na tvárnenie - patria sem hlavne zliatiny na báze Al-Mn a Al-Mg. Sú charakteristické menším obsahom prísad, sú veľmi dobre tvárne za studena aj za tepla, čím sa dosiahne zvýšenie pevnosti. Nevytvrdzujú sa z dôvodu malého efektu vytvrdenia (zliatiny typu Al-Mn) a taktiež preto, lebo malé zvýšenie pevnosti by bolo sprevádzané veľkým znížením ťažnosti (zliatiny typu Al-Mg).

Hlavné druhy hliníkových zliatin sú schematicky znázornené na obr. 2.



Obr. 2 Schematické znázornenie používaných hliníkových zliatin

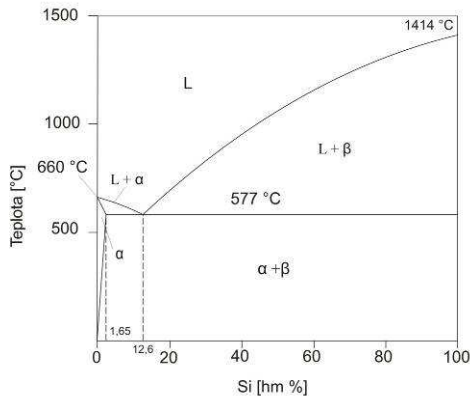
Zliatiny na odlievanie - zaradujeme sem predovšetkým zliatiny typu Al-Si, Al-Cu, Al-Mg. Majú v porovnaní s tvárnenými zliatinami vyšší obsah prísad, čo im zabezpečuje popri dobrých mechanických vlastnostiach najmä dobré zlievarenské vlastnosti. Zo štruktúrneho hľadiska sú to heterogénne zliatiny s prítomnosťou eutektika.

Zliatiny hliníka na odliatky majú oproti ostatným zlievarenským zliatinám celý rad výhod:

- dobrá zlievateľnosť, ktorá sa výrazne zlepšuje so zvyšujúcim sa podielom príslušného eutektika podľa chemického zloženia;
- nízka teplota tavenia;
- malý interval tuhnutia;
- obsah vodíka v odliatku, ktorý je jediným rozpustným plynom v hliníku, je možné vhodnými technologickými podmienkami minimalizovať;
- dobrá chemická stabilita (odolnosť voči korózii);
- dobré povrchové vlastnosti odliatkov;
- vo väčšine zliatin je nízka náchylnosť k tvorbe trhlín za tepla.

Významnou skupinou zliatin hliníka sú zliatiny na odliatky **Al-Si (silumíny)**, ktoré majú uplatnenie predovšetkým v automobilovom a leteckom priemysle. Niektoré automobilové súčasti sa v súčasnosti odlievajú výlučne z týchto hliníkových zliatin (napr. hlavy valcov do osobných automobilov, bloky motorov, piesty, ojnice, chladiče, prevodové skrine a pod.).

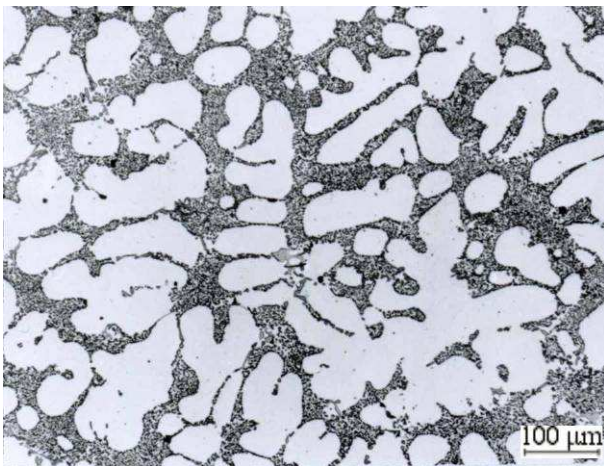
Zliatiny Al-Si kryštalizujú podľa rovnovážneho diagramu eutektického typu (obr. 3) s obmedzenou rozpustnosťou kremíka v hliníku. Eutektická reakcia ($L \rightarrow \alpha + \beta$) prebieha pri teplote 577 °C a obsahu 11,3 až 12,6 % Si v eutektiku. Fáza α je substitučným tuhým roztokom Si v Al s maximálnou rozpustnosťou 1,65 % Si pri eutektickej teplote 577 °C a 0,05 až 0,1 % Si pri teplote 200 °C. Eutektikum (E) predstavuje v binárnych sústavách zmes substitučného tuhého roztoku α a kryštálov takmer čistého eutektického kremíka (β -fáza), vznikajúcu priamo z taveniny pri eutektickej premene.



Obr. 3. Binárny diagram Al-Si

Podľa binárneho diagramu možno zliatiny Al-Si z hľadiska štruktúry rozdeliť na:

- podeutektické so štruktúrou ($\alpha + E$) pod 12,6 % Si,
- eutektické so štruktúrou (E) okolo 12,6 % Si,
- nadeutektické so štruktúrou (E + Si) nad 12,6 % Si.



Obr. 4. Mikroštruktúra zliatiny AlSi7MgTi, lept. 0,5 % HF

Množstvo, tvar, veľkosť a rozloženie voľného kremíka a mechanické vlastnosti binárnych zliatin Al-Si spolu úzko súvisia. Fáza α je mäkká a húževnatá a tvorí súvislú štruktúrnú zložku eutektika. Eutektikum je pevné, mäkké a dostatočne húževnaté, pretože obsahuje okolo 90 % α -fázy a asi 10 % kremíka. Eutektikum prítomné v pomerne veľkom množstve (40 až 75 %) dáva zliatinám Al-Si nielen výbornú zabiehavosť, ale tiež znižuje ich lineárne zmraštenie a sklon k tvorbe trhlín za tepla a sklon k vzniku mikropórovitosti. Dendrity α -fázy sú na výbruse dokumentované ako biele miesta. Eutektický kremík a intermetalické fázy sú vylúčené vo forme sivých až čiernych útvarov (obr. 4).

Štruktúru a vlastnosti zlievarenských zliatin je možné vo všeobecnosti ovplyvňovať úpravami tekutého kovu, spočívajúcimi v pridaní malého množstva vhodne zvolenej látky, ktorá ovplyvňuje proces kryštalizácie. Tieto úpravy sa rozdeľujú na:

- **očkovanie**, ktorým sa prioritne ovplyvňuje počet kryštalizačných zárodkov, a jeho dôsledkom je preto zjemnenie štruktúry;
- **modifikovanie**, ktorým sa ovplyvňuje spôsob rastu kryštalizačných zárodkov, a jeho dôsledkom sú morfológické zmeny vylúčených fáz.

Pri zliatinách Al-Si sa využíva očkovanie na zjemnenie kovovej matrice (α - fázy) a modifikovanie na dosiahnutie optimálneho tvaru eutektického kremíka. Eutektický kremík má v nemodifikovaných zliatinách Al-Si tvar hexagonálnych doskovitých útvarov, ktoré v rovine metalografického výbrusu pozorujeme ako tmavosivé rôzne orientované ihlice, uložené v svetlej matici α -fázy. Takýto tvar eutektického kremíka výrazne znižuje mechanické vlastnosti silumínov. Z tohto dôvodu sa realizuje modifikovanie týchto zliatin, spôsobujúce výraznú zmenu štruktúry a vylúčenie eutektického kremíka v tvare tyčínok, ktoré v rovine metalografického výbrusu pozorujeme ako oblé zrná. Mechanické vlastnosti modifikovanej zliatiny výrazne vzrastajú.

Modifikovanie spočíva v pridaní malého množstva modifikátora (predzliatin) do taveniny ako napr. Na, Sr, Sb pričom nesmie dôjsť k podstatnej zmene chemického zloženia taveniny.

Zliatiny horčíka

Zliatiny horčíka je možné z hľadiska technológie spracovania rozdeliť na :

- zliatiny na tvárnenie - zliatiny typu Mg-Al-Zn, Mg-Al-Cd, Mg-Zn-Zr, Mg-Mn, Mg-Mn-Al, Mg-Mn-Th, Mg-KVZ, Mg-Li (nový vývojový typ ultraľahkých zliatin).
- zliatiny na odlievanie - zliatiny typu Mg-Al-Zn (známe pod názvom elektrón), Mg-Mn, Mg-Zn-Zr, Mg-KVZ, Mg-Th-Zr.

Vytvrdzovanie väčšiny horčíkových zliatin má v porovnaní so zliatinami hliníka menší význam, pretože sa ním nedosiahne tak výrazná zmena mechanických vlastností. Hlavné prísadové prvky v horčíkových zliatinách (Al, Zn, Mn, Si) spôsobujú zlepšenie mechanických aj technologických vlastností.

Zliatiny horčíka majú mechanické vlastnosti výhodnejšie ako čistý horčík a pre svoju nízku mernú hmotnosť sú rozšírené v leteckej a raketovej technike, v menšej miere pri výrobe prístrojovej optickej techniky, textilných strojov a automobilov.

Zliatiny titánu

Zliatiny majú hustotu okolo $4\ 800\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ a pevnosť po tepelnom spracovaní dosahuje až $1\ 700\ \text{MPa}$. Ich rozšíreniu v bežnej konštrukčnej praxi však bráni vysoká cena. Podľa zvoleného chemického zloženia môže byť štruktúra titánových zliatin homogénna s fázou α , alebo homogénna s fázou β , alebo heterogénna ($\alpha+\beta$). Najdôležitejšie z technického hľadiska sú heterogénne zliatiny ($\alpha+\beta$), ktoré je možné vytvrdzovať. Do tejto skupiny patrí zliatina TiAl6V4, ktorá má pevnosť v ťahu asi $1\ 000\ \text{MPa}$ a po vytvrdení až $1\ 200\ \text{MPa}$.

Postup práce na cvičení

Pred cvičením (doma) je potrebné sa zoznámiť s teoretickými poznatkami o štruktúre Al-Si zliatin, s možnosťami ovplyvňovania jej charakteru (modifikovanie, očkovanie, pridávanie legujúcich prísad), so zmenami mechanických vlastností, ktoré súvisia s uvedenými technologickými operáciami na ovplyvnenie štruktúry a naštudovať hodnotenie mikroštruktúry silumínu AlSi10MgMn v nemodifikovanom aj v modifikovanom stave s definíciami jednotlivých štruktúrnych fáz, ktoré sú uvedené v norme STN 42 0491 pre metalografické hodnotenie štruktúry Al-Si zliatin.

1. Na základe porovnania mikrofotografií zliatiny AlSi10MgMn modifikovanej odstupňovaným množstvom stroncia v rozsahu 0; 0,05; 0,1 a 0,15 % Sr s etalónmi mikroštruktúr Al-Si zliatin v norme STN 42 0491 je potrebné:
 - a) vyhodnotiť obsah a jemnosť dendritov primárne vylúčenej α -fázy;
 - b) vyhodnotiť tvar a rozloženie eutektického kremíka (tzv. β -fázy) a charakterizovať stupeň zamodifikovania štruktúry;
 - c) stanoviť SDAS faktor;
 - d) pozorované tvary dendritov α -fázy a tvar eutektického Si schematicky zakresliť.
2. S využitím teoretických poznatkov a získaných výsledkov spracujte záver o vplyve modifikovania na charakter mikroštruktúry silumínov. Stanovte optimálne množstvo Sr.

Kontrolné otázky

1. Uveďte rozdelenie zliatin ľahkých kovov.
2. Aké sú rozdiely medzi zliatinami na tvárnenie a zliatinami na odlievanie vyplývajúce z chemického zloženia a technológie výroby pri zliatinách hliníka a horčíka.
3. Definujte očkovanie a modifikovanie. Uveďte očkovadlá a modifikátory používané v zliatinách hliníka.
4. Popíšte štruktúru zliatin Al-Si.

Použitá literatúra

- [1] BOLIBRUCHOVÁ, D. - TILLOVÁ, E.: *Zlievarenské zliatiny Al-Si*. EDIS vydavateľstvo ŽU Žilina, 2005.
- [2] MICHNA, Š. a kol.: *Encyklopedie hliníku*. Adin, s.r.o. Prešov, 2005.
- [3] GRÍGEROVÁ, T.- LUKÁČ, I.- KOŘENÝ, R.: *Zlievárenstvo neželezných kovov*, 1. vydanie, Bratislava, Alfa, 1988.