

3.3. Vývojové trendy materiálov na odliatky - ADI liatiny

Grafitické liatiny predstavujú perspektívne materiály, ktorých vývoj smeruje k liatinám s vysokými úžitkovými vlastnosťami. V posledných desaťročiach sa stali akceptovanou a nenahraditeľnou súčasťou moderného priemyslu. Dnes predstavujú prevažnú časť materiálov, používaných na výrobu odliatkov liatiny s guľôčkovým tvarom grafitu (tvárne liatiny).

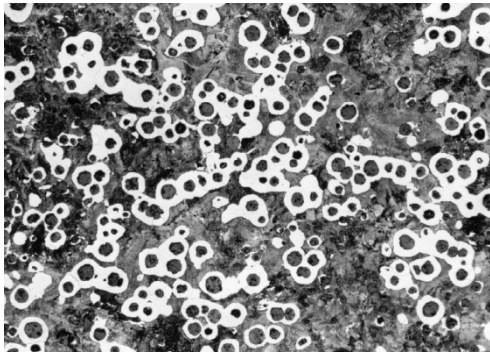
Vlastnosti grafitických liatin závisia od množstva, tvaru a veľkosti grafitových čiastočiek a od charakteru kovovej matrice, v ktorej je grafit rozložený. Základným kritériom pri rozdelení grafitických liatin je tvar vylúčeného grafitu. Grafit môže vzniknúť aj grafitizáciou cementitu v tuhom stave, preto medzi grafitické liatiny môžeme zaradiť aj temperované liatiny.

Kryštalizáciu grafitu možno podstatne ovplyvniť úpravou tekutého kovu, pridávaním látok ovplyvňujúcich počet kryštalizačných zárodkov (očkovanie) alebo rast týchto zárodkov (modifikovanie). Očkovaním sa zjemní grafit a modifikovaním sa upraví jeho tvar. Medzi modifikované liatiny zaraďujeme liatinu s červíkovitým tvarom grafitu a tvárnu liatinu.

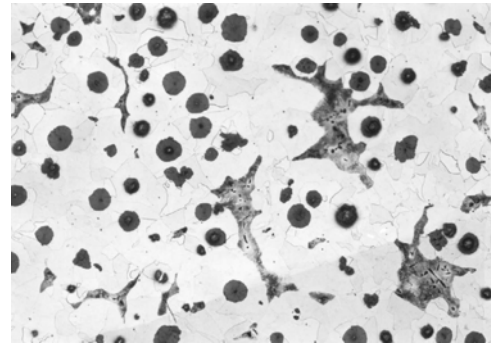
Liatina s guľôčkovým tvarom grafitu. Štruktúra liatiny s guľôčkovým grafitom (LGG) je tvorená kovovou maticou a v nej rozloženými časticami grafitu. Grafitické častice sú vylúčené vo forme zŕn a majú guľovitý alebo globulovitý tvar, ktorý je z hľadiska koncentrácie napätia najvýhodnejšou formou vylúčenia grafitu. Táto forma grafitu sa dosahuje modifikovaním prvkami Mg, Ce, Y, ktoré sú tzv. globulizátory grafitu. Tieto prvky spôsobujú zvýšenie stability karbidov, preto nasleduje grafitizačné očkovanie alebo sa použijú komplexné modifikátory, ktoré obsahujú modifikujúce a očkujúce látky. Kovová matrica môže byť perlitická (obr. 34), tvorená zmesou perlitu a feritu alebo feritická (obr. 35) a závisí od chemického zloženia a rýchlosti ochladzovania.

Liatina s guľôčkovým grafitom sa najčastejšie vyrába modifikovaním taveniny (alebo východiskovej fázy sivej liatiny najčastejšie eutektického zloženia s nižším obsahom nečistôt) čistým horčíkom alebo horčíkovými zliatinami Fe-Si-Mg (s 5 až 10 % Mg). Niektoré prísady, ktoré sú súčasťou liatiny s guľôčkovým grafitom (Sn, Ti, As, Bi) narušujú tvorbu pravidelného guľovitého grafitu a preto ich koncentrácia musí byť v určitých hraniciach.

Vlastnosti LGG môžeme odvodiť, resp. charakterizovať podobne ako u liatiny s lupienkovým grafitom na základe tvaru grafitu. Z hľadiska jeho veľmi výhodného tvaru sa táto liatina radí medzi materiály s výbornými mechanickými vlastnosťami a je vhodná na výrobu odliatkov. Práve zrná grafitu majú tendenciu narušovať súvislosť matrice a tým spôsobovať koncentráciu napätí pri namáhaní materiálu. Účinky napätí sú tým väčšie, čím je častica grafitu väčšia a jej polomer zakrivenia menší. Guľôčkový tvar grafitu má v porovnaní s iným tvarom grafitu len malý vrubový účinok a preto mechanické vlastnosti tejto liatiny sa blížia k vlastnostiam ocelí.



Obr.34. Mikroštruktúra perliticko-feritickej liatiny s guľôčkovým grafitom, zv. 100 x, lept. 3 % Nital



Obr.35. Mikroštruktúra feriticko-perlitickej liatiny s guľôčkovým grafitom, zv. 100 x, lept. 3 % Nital

Podstatný význam pre mechanické vlastnosti liatiny s guľôčkovým grafitom má aj charakter matrice. Liatina s guľôčkovým grafitom má na rozdiel od sivej liatiny pomerne veľkú ťažnosť. Perlitická matrica liatiny s guľôčkovým grafitom má v porovnaní s feritickou maticou vyššiu pevnosť v ťahu, ale nižšiu ťažnosť. Prítomnosť feritu spôsobuje pokles medze pevnosti a medze klzu, ale rastie húževnatosť, obrábateľnosť a pod. Materiály určené na výrobu odliatkov dosahujú pevnosť v ťahu $R_m = 400$ až 700 MPa, ťažnosť $A = 20$ až 2% a tvrdosť 150 HB až 300 HB.

Hlavnou prednosťou LGG pri porovnaní s oceľami sú zlievárenské schopnosti a schopnosti útlmu. Zlievárenská schopnosť sa prejavuje už nižšou taviacou teplotou (asi o 350 °C) ako pri oceli, čo znamená nižšiu energetickú náročnosť pri tavení a menšie namáhanie foriem. S týmto tiež súvisí aj lepší povrch odliatkov z tvárnej liatiny a nižšie náklady na jeho úpravu.

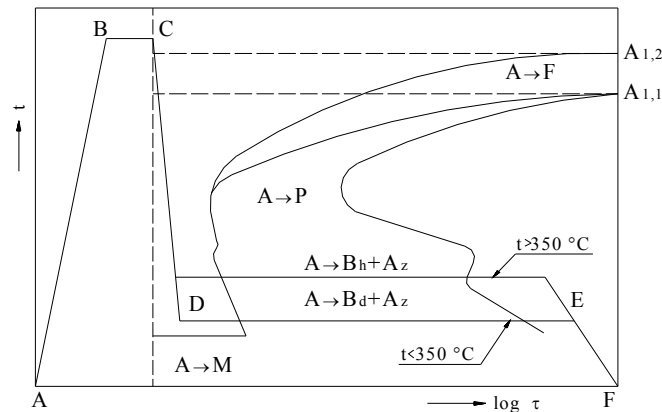
Liatiny s guľôčkovým grafitom sa používajú na výrobu odliatkov vysokonamáhaných súčiastok (klukové hriadele, ojnice, piesty, ale aj bloky naftových motorov, ložiskové skrine železničných vagónov, ozubené kolesá, lisovacie zápustky a pod.).

Izotermicky zušľachtená liatina s guľôčkovým grafitom (ADI). ADI liatina je typ liatiny, ktorú môžeme získať postupom moderného tepelného spracovania, ktorým je *izotermické zušľachtenie* (obr. 36). Získame tým optimálnu kombináciu pevnostných a plastických vlastností.

Izotermické zušľachtenie pozostáva z austenitizácie a následného ochladenia nadkritickou rýchlosťou do oblasti bainitickej premeny. Táto premena sa uskutočňuje v soľnom kúpeli pri konštantnej teplote (250 až 450 °C). Po zotrvaní v soľnom kúpeli ($0,5$ až 3 h) nasleduje dochladzovanie na vzduchu alebo vo vode. Na rozdiel od bežných ocelí sa bainitická premena u liatiny s guľôčkovým grafitom neuskutoční až do konca, ale po určitej dobe sa zastaví a vo výslednej štruktúre zostáva zachované určité množstvo zvyškového austenitu. Táto plastická fáza sa významne podieľa na veľmi dobrých mechanických a únavových vlastnostiach izotermicky zušľachtenej liatiny s guľôčkovým grafitom.

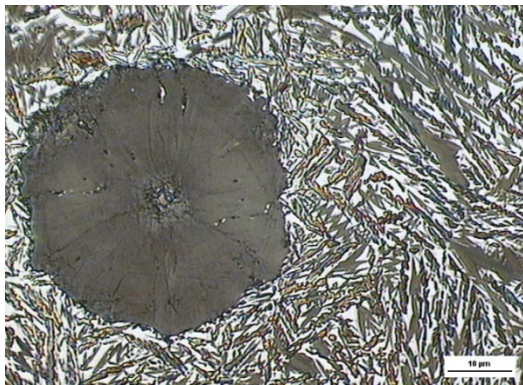
Izotermickým zušľachtením získame štruktúru, ktorá je tvorená maticou horného (obr. 37) alebo dolného bainitu (obr. 38) s ihlicovitým tvarom (niekedy tiež uvádzaný ako acikulárny ihlicovitý ferit) a vysokouhlíkovým zvyškovým austenitom (obr. 37). V matrici sú rozložené zrná grafitu s guľôčkovým tvarom. V niektorých literatúrach je ADI liatina charakterizovaná ako bainitická liatina s guľôčkovým grafitom, ale toto tvrdenie je diskutabilné a nie všetci autori sa s ním stotožňujú, keďže táto štruktúra neobsahuje karbidy. Vysokouhlíkový austenit je tepelne stabilný do extrémne nízkej teploty, ale spevňuje sa deformáciou za studena

a v určitých miestach sa bude pri výhodných podmienkach namáhania meniť na martenzit. ADI liatina sa na základe svojich vlastností spevňuje napätím pri prevádzkovom zaťažení.

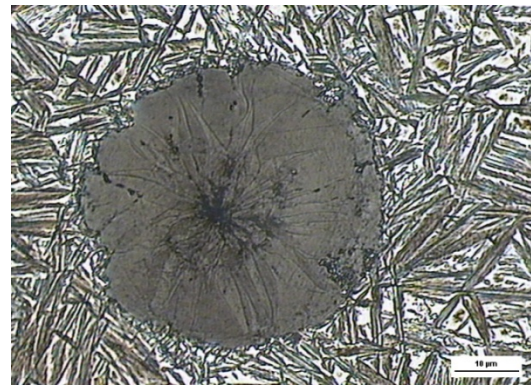


Obr. 36. Schéma priebehu izotermického zušľachtovania liatiny s guľôčkovým grafitom v diagrame IRA

Z hľadiska tepelného spracovania, predovšetkým pre zabezpečenie prekaliteľnosti v celom objeme, je potrebné liatinu legovať a to Ni, alebo Cu a Mo. Práve tieto legúry posúvajú začiatok perlitickej premeny a znižuje sa nebezpečie perlitizácie. Na výsledné vlastnosti ADI liatin má vplyv aj technológia výroby, čistota tavby (triedený vsádzkový materiál, optimálny priebeh tavby, vhodný taviaci agregát, modifikovanie a očkovanie), teplota liatia, správny návrh vtokovej sústavy, vhodné a kvalitné formovacie materiály a pod.



Obr. 37. Mikroštruktúra liatiny ADI so štruktúrou horného bainitu, lept. 3 % Nital



Obr. 38. Mikroštruktúra liatiny ADI so štruktúrou dolného bainitu, lept. 3 % Nital