

Vplyv štruktúrnych parametrov na vznik trhlín u odliatkov z podeutektických Al zliatin

Marko Grzinčič, Illichmann Castalloy s.r.o.

Ivan Lukáč, Technická univerzita Košice

Kľúčové slová: Al zliatina, trhlina, lom, štruktúra, fraktografia

Úvod

V technickej praxi je často potrebné riešiť príčinu resp. príčiny porušenia jednotlivých segmentov strojov, zariadení alebo výrobkov. Jednoznačné určenie dôvodu je v mnohých prípadoch veľmi náročné a vyžaduje si objektívnu analýzu mnohých faktorov ako sú prevádzkové parametre a ich dodržanie, výrobné, štruktúrne. Výsledky týchto analýz či už z hľadiska výrobcu, alebo užívateľa, majú mimoriadny význam. Môžu sa týkať napríklad určenia životnosti daného zariadenia, alebo prevádzkovej spoľahlivosti konštrukčného celku, napríklad odliatku.

Objektívna analýza príčiny je neodmysliteľná bez presného určenia typu lomu a predovšetkým štruktúrnych parametrov v lokalite lomu. To si vyžaduje jednak potrebné vedomosti z teórie porušovania kovových materiálov a jednak schopnosť aplikovať vhodné vyšetrovacie metódy s využitím, pokiaľ je to potrebné, moderných prístrojov ako sú elektrónové mikroskopy (SEM, TEM, EDX, EDS analyzátory a pod.) a správne interpretovať získané výsledky.

Väčšina príčin porúch (trhlín, lomov) v technickej praxi pri výrobe odliatkov z podeutektických Al zliatin je komplexnej povahy. Mimo mechanickej zložky spôsobu namáhania v danej lokalite sa súčasne uplatňuje vplyv prostredia (teploty, koróznej agresivity) a štruktúrnych parametrov. Napriek tomu, že v súčasnosti sú technológie výroby odliatkov u svetových firiem na špičkovej úrovni, v štruktúre odliatkov sú prítomné defekty metalurgického pôvodu, ktoré môžu výrazne ovplyvniť porušenie materiálu.

Žiadna trhlina/lom by nie len u odliatkov z podeutektických Al zliatin nevznikla, ak by nebolo súčasné komplexné pôsobenie **troch faktorov** a to koncentrácie napätia, štruktúry a metalurgických defektov. Ak sú všetky tri faktory zastúpené, vzniká problém určenia prioritného faktoru – hlavnej príčiny vzniku trhliny/lomu.

Je všeobecne známe z teórie porušovania kovových materiálov, že u všetkých hliníkových zliatin, vzhľadom k tomu, že hliník má mriežku K12, môže dôjsť len k tvárnemu porušeniu matrice. V prípade zoslabenie hraníc zrn, napríklad v dôsledku segregáčnych procesov, dôjde pod prevládajúcim účinkom ťahových napätí k interkryštalickému tvárnemu lomu. Ak hranice zrn nie sú zoslabené, dôjde k transkryštalickému tvárnemu lomu.

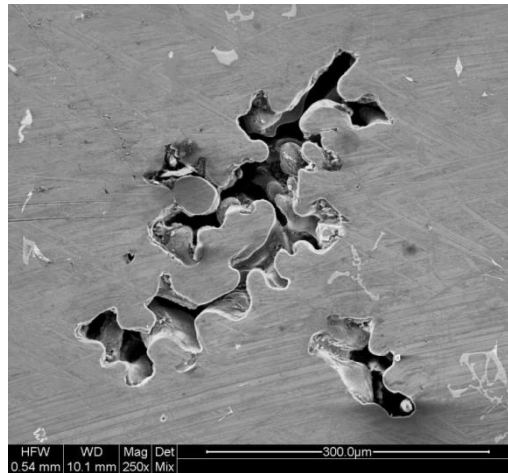
Pre objektívne hodnotenie je často výhodné aplikovať štatistickú fraktografickú analýzu či už lomovej čiary, alebo lomovej plochy. Z pomeru súčtu jednotlivých plôch príslušných faziet je možné presne určiť dominantný faktor.

Tento príspevok je zameraný na prezentáciu výsledkov získaných pri analýze trhlín z podeutektických Al zliatin.

Trhliny a ich morfológia

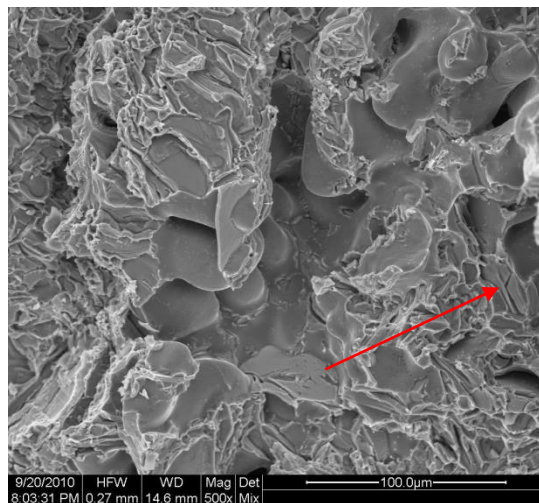
1. *Trhliny v dôsledku prítomnosti dendritickej pórovitosti*

Sú charakteristické členitosťou lomovej čiary, ktorá sa vinie po povrchu dendritických ramien.



Obr. 1 Dendritická pórovitosť

Obrázok 1 dokumentuje v rovinnom reze tento typ trhliny. V mnohých prípadoch v podpovrchovej vrstve je možné vidieť obnažené dendritické ramena charakteristické svojou morfológiou „bobuľky hrozna“. Na lomovej čiare nie sú pozorovateľné stopy po plastickej deformácii matrice α fázy.

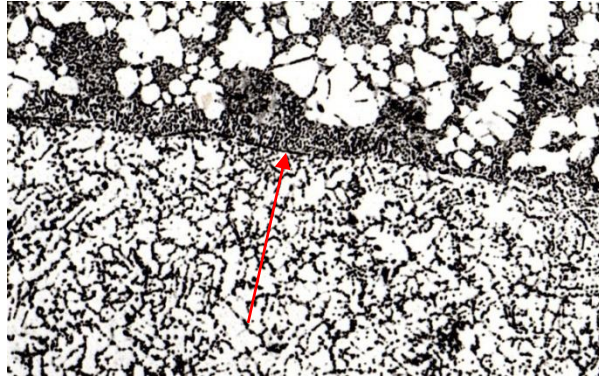


Obr. 2 Detail dendritickej pórovitosti s označením dosky eutektického kremíka

Obrázok 2 dokumentuje lomovú plochu ktorá vznikla v dôsledku dendritickej pórovitosti. V lokalite obnažených dendritických ramien je viditeľný typický transkryštalický tvárny lom s prítomným krehkým štiepením dosiek eutektického kremíka. Hrebene matrice α nevykazujú žiadne stopy plastickej deformácie. Tento typ trhliny nie je ovplyvnený štruktúrnymi parametrami lokálneho okolia.

2. *Trhliny v dôsledku lokálnej štruktúrnej heterogenity*

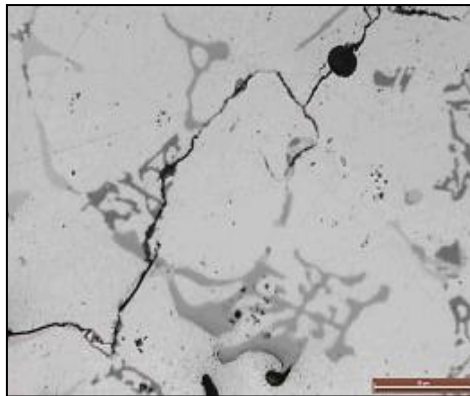
Trhliny sú charakteristické priamkovitým priebehom.



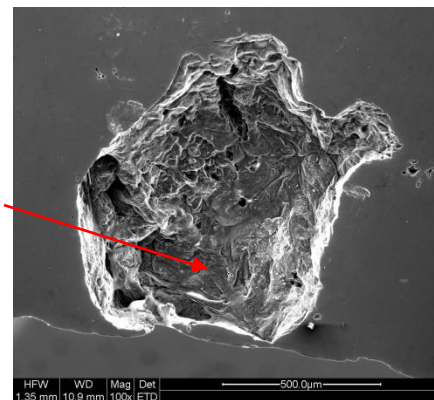
Obr. 3 (zväčšenie 100 x)

3. *Trhliny iniciované naplynením taveniny*

Iničiačný zdroj, teda príčina vzniku tohto typu trhliny, je vždycky defekt metalurgického pôvodu charakteristicky viac – menej kruhovitou morfológiou. Šírenie trhliny, od iničiačného zdroja, v dôsledku lokálneho napätia je prednostné po rozhraní prítomných fáz s vysokou tvrdosťou či už po časticiach kremíka, alebo intermetalických fáz a okolitou matricou α fázy. Trhlina v tomto prípade, i keď má členitý charakter, je tvorená priamkovitými segmentmi. Obrázok 4 dokumentuje takýto charakter trhliny.



Obr. 4 Trhlina po rozhraní prítomných fáz a cez zlievarenskú vadu

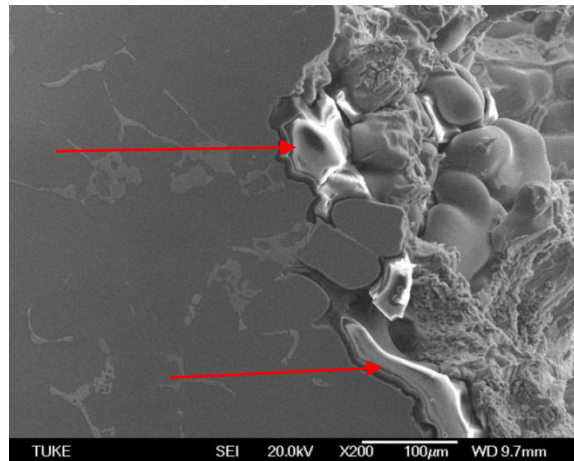


Obr. 5 Materiálová nehomogenita v dôsledku naplynenia taveniny, označená oxidická blana na dne bubliny

Obrázok 5 dokumentuje nepravidelný tvar útvaru lokálneho naplynenia, ktorého dno je vyplnené hrubou vrstvou oxidických blán. Lokálne sú viditeľné i časti dendritických ramien.

4. **Trhliny iniciované oxidickými blanami**

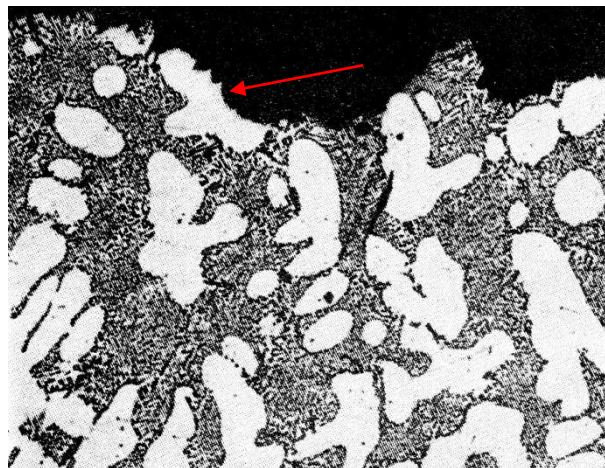
Iničiačný zdroj týchto trhlín je náhodne zoskupenie oxidických blán resp. oxidických častíc. Trhliny tohto typu majú nepravidelný charakter. Na obrázku 6 je dokumentovaná lomová čiara a časť lomovej plochy vzniklej v dôsledku prítomnosti oxidických blán.



Obr. 6 Oxidické vmestky na lomovej ploche

5. **Trhliny iniciované vysokými lokálnymi napätiami**

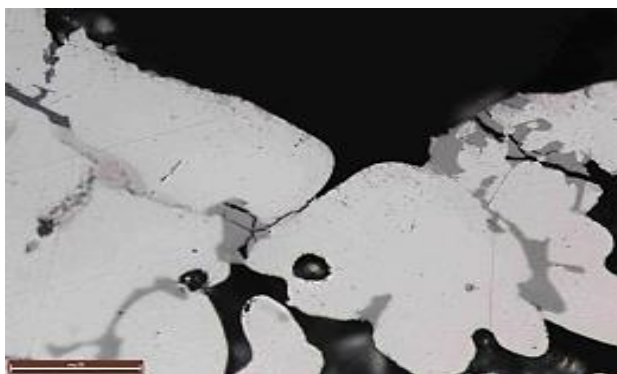
Typickým štruktúrnym prejavom tohto typu trhlín je vysoká deformácia matrice α fázy. Na lomovej čiare sú viditeľné „špičky“. Na obrázku 7 je dokumentovaný charakter lomovej čiary vzniklej pod napätím.



Obr. 7 (zvážšenie 200 x)

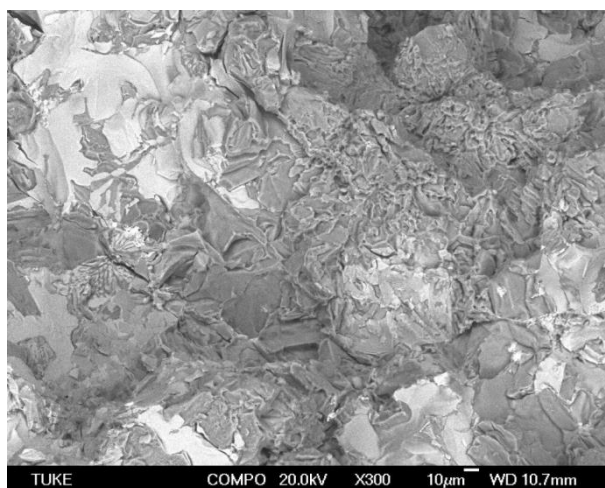
6. **Trhliny za tepla**

Fáza α vykazuje medzi likvidus a solidus nízke plastické vlastnosti. V dôsledku toho na lomovej čiare nie sú prítomné žiadne známky plastickej deformácie. Dokumentácia takého typu lomovej čiary je na obrázku 8.



Obr. 8 Trhlina za tepla bez známok plastickej deformácie

Lomová plocha vznikla za tepla, bez známok plastickej deformácie α fázy a prítomnosťou oxidických blán (svetlé nepravidelné útvary), je dokumentovaná na obrázku 9.



Obr. 9 Detail trhliny za tepla s prítomnosťou oxidických blán

Záver

Prezentovaných šesť typov trhlín zistených u odliatkov z podeutektických hliníkových zliatin dokumentuje vzťahy medzi štruktúrnymi parametrami a morfológickými charakteristikami vzniklej trhliny resp. lomovej plochy.

Literatúra

[1] Fractography, ASM Handbook, Vol. 12, ASM International, Ohio, USA

[2] Lukáč I., Michna Š.: Colour Contrast, Structure and Defects in Aluminium and Aluminium Alloys, Cambridge International Science Publishing, 2001, Cambridge, England