

Analiza poškodb na površini orodja za tlačno litje nosilca iz aluminijeve zlitine AlSi9Cu3

Damage Analysis on the Surface of Die Casting Die of Girder Made by Aluminium Alloy of AlSi9Cu3

Borut Kosec - Ladislav Kosec - Janez Kopač - Anton Škrinjar

Na delovni površini orodja za tlačno litje nosilca iz zlitine AlSi9Cu3 so po manj ko tisoč ulitkih nastale razpoke, katerih odtisi se poznajo tudi na ulitkih.

Razpoke so bile odkrite in identificirane s penetranti, vidne pa so tudi že s povečevalnim steklom in nekatere celo s prostim očesom. Detajlno pa smo jih analizirali z neporušno metalografsko preiskavo z metodo replik.

© 2001 Strojniški vestnik. Vse pravice pridržane.

(Ključne besede: orodje livarska, litje tlačno, zlitine Al, analize poškodb)

On the surface of a casting die surface cracks appeared after less than one thousand casting cycles and caused in imprints on AlSi9Cu3 aluminium alloy girder castings.

The cracks were revealed and identified by the use of penetrants. They were clearly seen by the use of a magnifying glass and some of them even by the unaided eye. They were analysed in detail by the non-destructive metallographic examination by replicas method.

© 2001 Journal of Mechanical Engineering. All rights reserved.

(Keywords: die casting dies, aluminium alloys, damage analysis)

0 UVOD

Na aktivni delovni površini orodja za tlačno litje nosilca (sl. 1) iz zlitine AlSi9Cu3 so po manj ko tisoč ulitkih nastale v prehodih med dvema ravninama stene kalupa razpoke, katerih odtisi se poznajo na ulitkih. Razpoke na kalupu so bile odkrite in identificirane z uporabo penetrantov (sl. 1), vidne pa so tudi že s povečevalnim steklom, nekatere pa celo s prostim očesom.

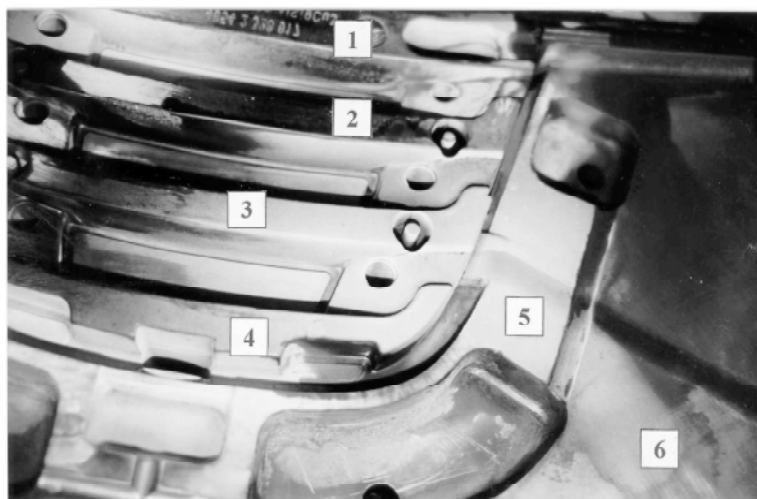
Jeklo, iz katerega je izdelano orodje, je med najbolj pogostimi in upoštevanimi materiali za te vrste orodij. To je orodno jeklo za delo v vročem BOEHLER W300 ISODISC ([1], [2]), ki po svoji sestavi ustreza jeklu H11 po standardu ASTM [3], jeklu X40CrMoV5-1 [4] po DIN oziroma po tovarniški oznaki domačega proizvajalca Metal d.o.o., Ravne na Koroškem jeklu Utop Mo1 [5].

1 EKSPERIMENTALNO DELO

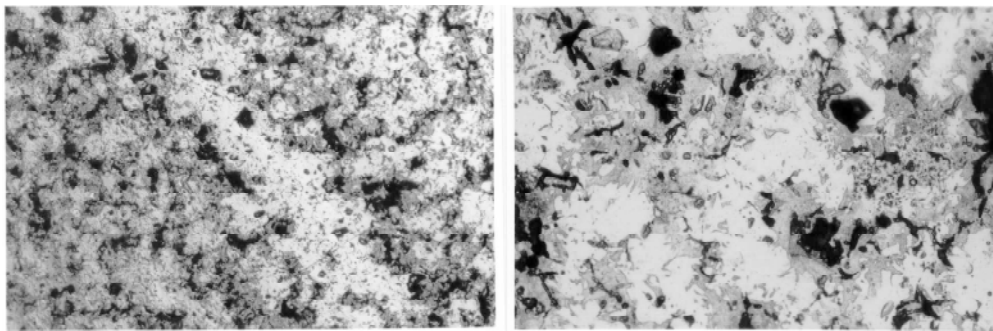
Dostopne, konveksne dele zadnjega kalupa orodja, ki smo jih očistili z brusnimi papirji drobne granulacije (več od 500) in spolirali z diamantno pasto, smo pregledali z optičnim mikroskopom. Na teh mestih smo lahko s površine vzeli odtise s polimernimi folijami [6]. Vanje se odtisnejo tudi tako drobni detajli površine, kakršne so sestavine mikrostrukture. Odtisi omogočajo posredno opazovanje površine tako z optičnim kakor tudi z elektronskim mikroskopom (EM). Ta ima veliko globinsko ostrino in omogoča prostorsko sliko objekta. Mesta v krivini, kjer so nastale prve dolge razpoke, niso dostopna za poliranje s strojem, niti za opazovanje z mikroskopom. Konveksne oziroma večje ravne površine kalupa, ki smo jih lahko pripravili za opazovanje, so označene na sliki 1.

Preglednica 1. Kemična sestava jekla BOEHLER W300 ISODISC (v m. %) [2]

C	Si	Mn	Cr	Mo	V
0,38	1,1	0,4	5,0	1,3	0,4



Sl. 1. Površina zadnjega dela orodja za tlačno litje nosilca z označenimi mesti, ki smo jih pripravili za opazovanje po preiskavi s penetranti



Sl. 2. Površina orodja na polju 5; spremembe zaradi EEO; levo 50-kratna povečava, desno 200-kratna povečava



Sl. 3. Mikrostruktura na površini na polju 1; popuščeni martenzit; 200-kratna povečava

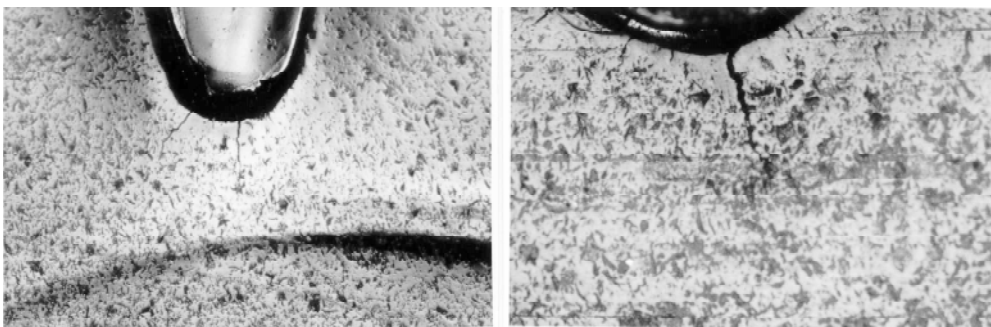
Površini 5 in 6 nista aktivni delovni površini kalupa. Pregledali smo ju zato, da bi ugotovili, po katerem od običajnih obdelovalnih postopkov je bilo orodje izdelano. Po obliki površine in mikrostrukturi jekla na površinah 5 (sl. 2) in 6 lahko sklepamo, da je bil kalup izdelan z elektroerozijsko obdelavo (EEO). Na teh delih površine so področja t.i. bele plasti in neravna reliefna površina s "kraterji".

Če je bil tudi aktivni del površine kalupa oblikovan z elektroerozijsko obdelavo, potem je bila s konveksnih delov orodja odstranjena plast jekla, prizadetega zaradi tega načina obdelave. Jamicam na teh površinah ne vemo zanesljivega izvora. V primeru,

da je bila površina elektroerozijsko obdelana, so to lahko ostanki neodstranjenih "kraterjev". Prav gotovo pa te jamice niso navaden ali pogost pojav na delovnih površinah orodij.

Na polju 1 (sl. 3) so najverjetneje z uporabo elektroerozije vrezani podatki o orodju, materialu obdelovanca, ipd.. Obrisi črk, številok in znakov so lepo zaokroženi. Na mnogih mestih iz teh znakov začnemo t.i. toplotni utrujenosti [7]. Najkrajše razpoke so dolge okoli 20 μm , najdaljše pa blizu 200 μm (sl. 4 in 5).

V primeru, da je bil aktivni del kalupa izdelan z EEO, je bilo treba z vse površine odstraniti



Sl. 4. Površinske razpoke in jamičasta površina na polju 1 ob oznakah; levo 50-kratna in desno 100-kratna povečava



Sl. 5. Razpoka na površini ob oznaki na polju 1; EM; 200-kratna povečava

poškodbe, ki pri taki obdelavi nastanejo v jeklu. Na konvexnih in ravnih delih to ni težko, težko pa je na konkavnih površinah oziroma kanalnih, kjer se učinek tudi zelo težko nadzira. Če so na teh kritičnih mestih v prehodih ostali še ostanki zaradi elektroerozije poškodovanega jekla, se iz njih zelo hitro razvijejo poškodbe v obliki razpok. Za to lahko najdemo v strokovni literaturi zelo resna opozorila ([8] in [9]).

Razpoke iz oznak se najverjetneje prav tako razvijejo iz napak, nastalih pri njihovi izdelavi z elektroerozijo. Te razpoke bodo zelo hitro napredovale in bo prišlo v njihovi okolici do t.i. toplotnega razpokanja v obliki mreže [10].

2 SKLEP

Poškodbe orodij za tlačno litje aluminijevih zlitin so najpogostejše v obliki velikih razpok,

toplotnega razpokanja, razpokanja v ogljiščih, ostrih prehodih ali robovih in zaradi obrabe ali erozije. Za prve tri primere so odločilne napetosti, katerih viri so v načrtovanju in izdelovalnih tehnologijah ter v delovnih razmerah. Od naštetih štirih najbolj pogostih vrst poškodb bi poškodbe, opažene na preiskanem zadnjem kalupu orodja za tlačno litje nosilca iz aluminijeve zlitine AlSi9Cu3, lahko prištevali k začetku toplotnega razpokanja (ob oznakah) in razpokanju v ogljiščih, robovih in prehodih.

Nastanek razpok na orodjih za tlačno litje je praviloma posledica več hkratnih vplivov. Zato je poleg predlagane možnosti treba analizirati tudi druge mogoče vzroke, npr. optimalnost same konstrukcije orodja, zadostno višino in homogenost začetnega temperaturnega polja na aktivni delovni površini orodja [11] ter tudi same razmere pri delu.

3 LITERATURA

- [1] Lichtenegger, G., H. Schweiger, R. Breitler, H. Lenger (1998) Werkzeugstahl als unentbehrlicher Werkstoff für die Herstellung von Komponenten für die Verkehrstechnik, *BHM*, Vol. 143, No. 5, 169 - 174.
- [2] Böhler Edelmetallhandbuch auf PC V2.0, Kapfenberg (1996).
- [3] Richter, F. (1983) Physikalische Eigenschaften von Stählen und ihre Temperaturabhängigkeit, Mannesmann Forschungsbericht 930/1983, Stahl - Sonderberichte, Heft 10, *Verlag Stahleisen M.B.H.*, Düsseldorf.
- [4] STAHL-Eisen Werkstoffblätter (SEW) des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute, *Physikalische Eigenschaften von Stählen*, Düsseldorf (1992).
- [5] Jocić, B. (1996) Slovenska jekla 2: Jekla in železove zlitine, *Slovenske železarne d.d.*, Ljubljana.
- [6] Kosec, L., M. Kmetič, B. Arzenšek (1990) Neporušne metalografske preiskave s pomočjo replik, *Zbornik 3. Strokovnega posvetovanja: Neporušne metode za kontrolo materiala in izdelkov v sodobni proizvodnji*, Ljubljana, 251 - 259.
- [7] Suresh, S. (1996) Fatigue of materials, *Cambridge University Press*, Cambridge.
- [8] Kalpakjian, S. (1982) Tool and die failures - source book, *American Society for Metals*, Metals Park, Ohio.
- [9] Metals Handbook: Volume 11 - Failure analysis and prevention, *ASM*, Metals Park, Ohio.
- [10] Timmins, P.F. (1995) Fracture mechanisms and failure control for inspectors and engineers, *ASM International*, Materials Park, Ohio.
- [11] Kosec, B., B. Težak, L. Kosec, J. Kopač, J. Vojvodič Tuma (2000) Analiza temperaturnega polja na delovni površini orodja za tlačno litje z uporabo termografije, *Materiali in tehnologije*, Vol. 34, No. 6, 415 - 418.

Naslovi avtorjev: doc. dr. Borut Kosec
prof. dr. Ladislav Kosec
NTF - Oddelek za materiale in
metalurgijo
Univerza v Ljubljani
Aškerčeva 12
1001 Ljubljana

prof. dr. Janez Kopač
Fakulteta za strojništvo
Univerza v Ljubljani
Aškerčeva 6
1000 Ljubljana

Anton Škrinjar
Tomos Alusuisse d.o.o.
Šmarska cesta 4
6000 Koper

Prejeto: 1.3.2000

Sprejeto: 7.12.2001