

## Iz dela metalografskega laboratorija

S sorazmerno vse večjo uporabo aluminija in njegovih zlitin v strojništvu so tudi vse bolj številni specifični primeri napak in poškodb v konstrukcijskih elementih izdelanih iz teh materialov.

V članku opisujemo primer livarskih napak, napak nastalih pri preoblikovanju, kemični obdelavi in uporabi predmetov iz aluminija in njegovih zlitin.

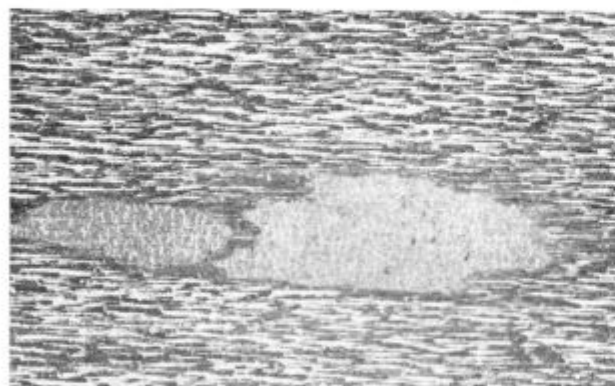
1. Elementi za velike hladilne sisteme so izdelani iz tanke aluminijeve pločevine. Z ustreznim postopkom se lahko dve taki pločevini hladno zvarita v en hladilni element tako, da tvorita cel sistem povezanih kanalov za pretok hladilnega medija. V večini primerov se zaradi mogočega korozijskega napada zunanja površina takega elementa prevleče z ustreznim lakom. Le-ta pa se nanaša na površino šele, ko je bila ta temeljito kemično očiščena.

Na takih hladilnih elementih izdelanih iz tanke pločevine tehniško čistega aluminija (99,6 %) sta se pojavljali dve vrsti površinskih napak, zaradi katerih bi bilo morda ogroženo delovanje hladilnega sistema. Primere prvih napak kažeta sl. 1 in 2. Število takih mest je bilo veliko, gostota pa neenakomerna. Mikroskopska preiskava je pokazala, da je bila površina na teh mestih »natrgana«. Taka napaka je nastala pri valjanju, njen izvor pa je v napaki v materialu. Na presekih pločevine v področju natrgnin ali pa stran od njih smo opazili mnogo ločenih skupin velikih nekovinskih vključkov (sl. 3, 4, 5, 6). Večina teh vključkov se je med valjanjem zdrobila, niso se pa razpotegnili v smeri preoblikovanja. Ti trdi in krhki vključki so vključki aluminijevega oksida. Taka množina

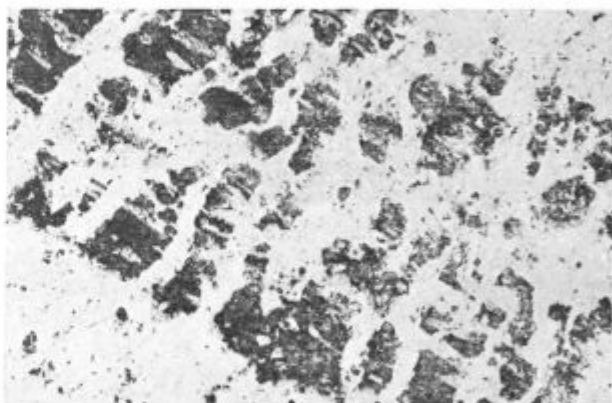
in velikost sta posledici nezadostne rafinacije aluminija pred vlivanjem. Pri valjanju je večina con z gostimi in grobimi vključki, ki so bili zadosti blizu površine, razpokala, kar se kaže v značilno natrgani površini pločevine. Globina teh poškodb pa v primeri z debelino pločevine ni velika, zato ne more vplivati na funkcionalnost hladilnih elementov. Druga vrsta napak se je pojavila na nekaterih hladilnih elementih med luženjem, ki je normalna operacija v sklopu postopka za zaščito površine pred korozijo. Na sliki 7 in 8 sta dva primera izredno močnega korozijskega napada. V mikrostrukturi materiala in pa na površini pločevin nismo našli žarišč, v katerih bi začela korozija. Pregled korodiranih površin in vzporedni poskusi so pokazali, da poškodovana površina (natrgana) ni inicial za začetek korozijskega napada. Opazili smo le, da se pri luženju ta



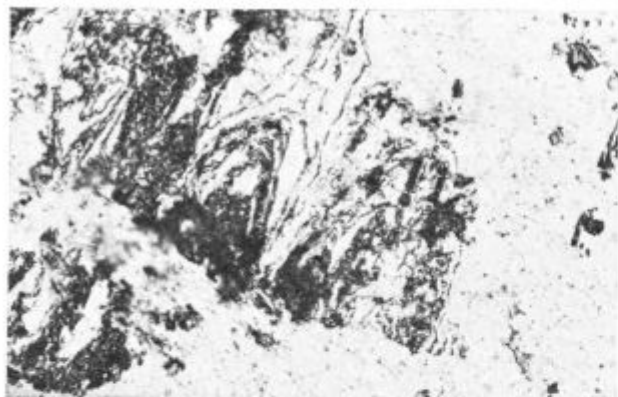
Slika 2  
Primer mesta z natrgano površino; pov. pribl. 10×



Slika 1  
Primer mesta z natrgano površino; pov. pribl. 10×



Slika 3  
Detajl natrgane površine; pov. 100×



Slika 4

Mikroskopski videz natrgane površine; polirano, pov. 500×



Slika 5

Vključki aluminijevega oksida v pločevini; pov. 200×



Slika 6

Vključki aluminijevega oksida; pov. 500×

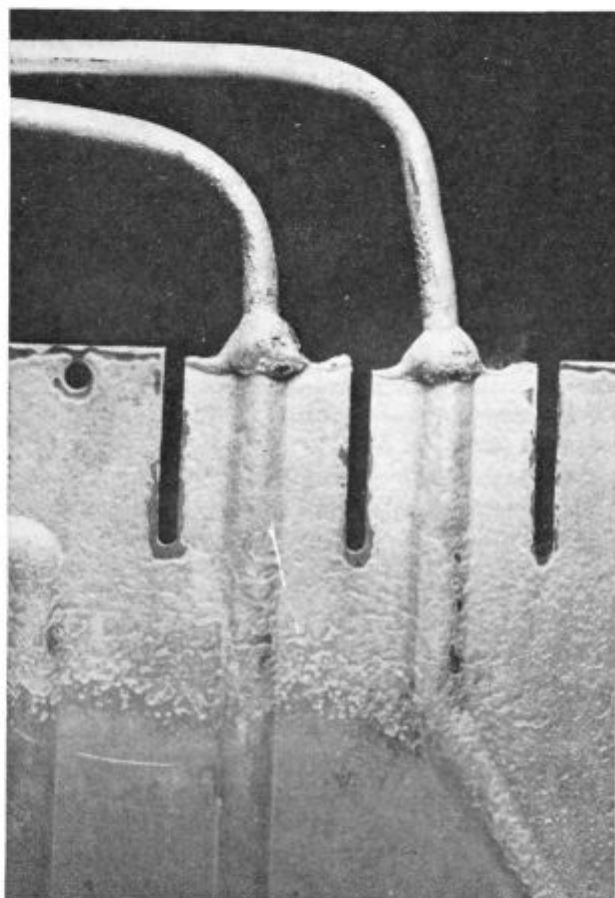
mesta močnejše jedkajo do globine, ki približno odgovarja globini poškodbe.

Kemična analiza pa je pokazala, da se je sestava lužilne raztopine med delom bistveno spremenila in da se je velik del aktivne substance že iztrošil. Prav tako se je spremenilo tudi razmerje komponent (žveplene kisline in natrijevega bikromata). Z uporabo sveže lužilne raztopine so vse težave zaradi prehitre lokalne korozije odpadle.

2. Drugi primer je analiza poškodb na sponkah daljnovoda.

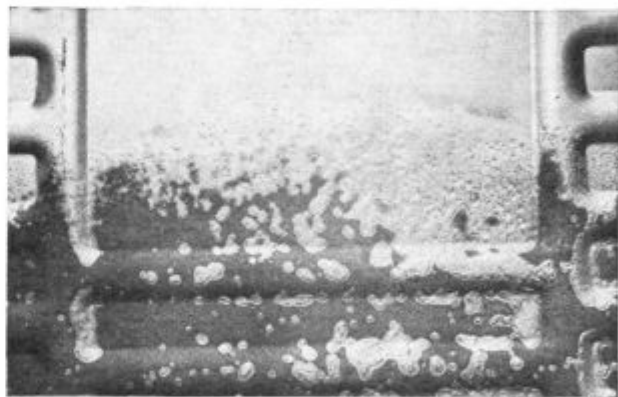
Sponke so bile sestavljene iz dveh delov. Del, ki je izdelan iz aluminijeve zlitine, je bil prvit v del, izdelan iz bakrove zlitine. S čepom je bilo preprečeno odvijanje. Med obema deloma je bila gumijasta izolacija, ki je preprečevala vdor vode med navoje, kar bi lahko povzročilo korozijo.

Daljnovodne sponke so bile močno poškodovane na notranji površini. Zaradi boljšega oprijema aluminijaste vrvi v sponkah podložene kovinske ploščice, so praktično popolnoma razpadle. Na



Slika 7, 8

Primeri korodiranih polj na površini hladilnih sistemov

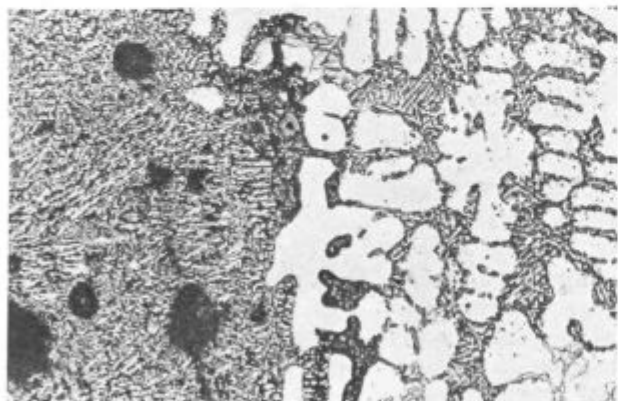


mnogih mestih pa je bilo na notranji površini aluminijastih delov sponke opaziti znake nataljevanja.

S kemično analizo smo ugotovili, da so bili aluminijasti deli sponke izdelani iz zlitine s 5,9 % Si, 3,0 % Cu, 0,5 % Mg in 0,39 % Fe, bakrova zlitina pa je bila sestavljena še iz 4,2 % Sn, 0,6 % Zn ter sledov P in Al.

Podložne ploščice so bile izdelane iz cinka.

Mikrostruktura ob notranji površini aluminijastih delov sponke je pokazala, da je res prišlo do lokalnega nataljevanja (slika 9).



Slika 9

Mikrostruktura meje med nataljenim (levo) in nenataljenim delom silumina; jedkano; pov. 100×

V desni polovici slike je prvotna mikrostruktura, ki sestoji iz dendritov, v njihovih žepih pa je porazdeljen eutektik. V nataljenem delu so mikrostrukturne komponente izredno drobne in enakomerno porazdeljene, kar kaže na drugačen režim ohlajanja ali eventualno tudi drugačno kemično sestavo. Tudi izredno pogosta mikroporoznost v tem delu govori za to, da se je ta del stalil.

Na osnovi rezultatov preiskave sklepamo, da je prišlo do poškodbe na naslednji način: Zaradi korozije ali pa nizkotemperaturne oksidacije so najprej razpadle cinkove ploščice podložene v sponkah. Zato se je povečala električna upornost med površino sponke in vrvjo. Posledica tega je bilo lokalno segrevanje materiala nad temperaturo tališča, istočasno pa so se segreli tudi drugi deli sponke, saj se je poškodovalo tudi gumijasto tesnilo in varovalna barva na bakrovi zlitini.

Izvor poškodbe je v napačno izbranem podložnem materialu (cink) med vrvjo in notranjo steno sponke. Izvedba same sponke je bila v redu, saj praktično na zunanji površini ni bilo pomembnejših znakov korozije, pravtako tudi na navojih ni bilo opaziti korozijskih poškodb.

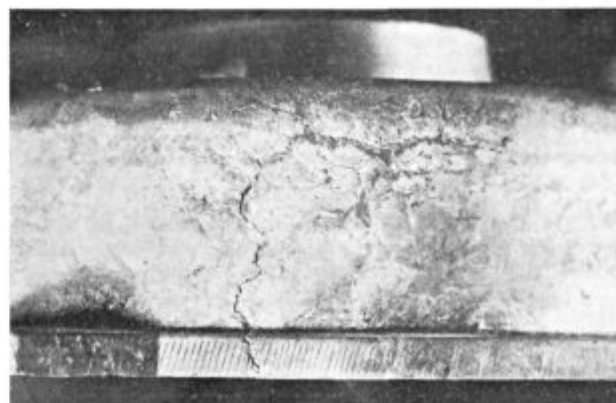
Res je, da bi cinkova ploščevina, če bi bila v posrednem stiku z aluminijevo ali bakrovo zlitino, preprečevala korozijo, saj je električno najbolj negativna in bi sama korodirala. V tem primeru pa je povzročila druge nevšečnosti, katerih posledica je bilo lokalno nataljevanje in neuporabnost sponke.

3. Ohišje reduktorja, bi moralo biti vlitto iz zlitine  $KAlSi10MgCu$ , ki je odporna napram vibracijam, katerim je lahko ohišje med obratovanjem podvrženo.

Površina ohišja je bila slaba, polna prelitih mest in bradavic (sl. 10). Na presekih stene ohišja smo opazili številne mikropore (sl. 11) in cela področja strukture obdane z oksidno kožico (sl. 12, 13).

Zlitina je bila modificirana, vendar se kaže v mikrostrukturi nepopolnost oz. nehomogenost modifikacije, saj se prepletajo polja povsem eutektske sestave s polji dendritov in eutektika. Ta v določeni meri neenakomerna modifikacija verjetno nima pomembnega vpliva na kvaliteto ohišja. Ohišje je bilo tudi neprimerno toplotno obdelano, saj je bila trdota le  $64 \text{ kp/mm}^2$  (HB), kar je mnogo pod predpisano mejo.

Na sliki 10 je s puščico označena razpoka, ki poteka preko cele debeline daleč v ohišje reduktorja. V podaljšku te razpoke smo opazili oksidno kožico (sl. 13). Ta razpoka je verjetno nastala v končni velikosti po gašenju ali zaradi zunanje sile, posreden vzrok zanjo pa je bila napaka za-



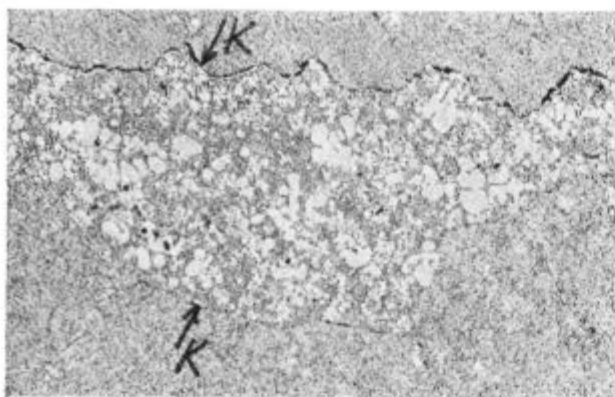
Slika 10

Ohišje reduktorja; (R-raspoka); pov. pribl. 1,7×



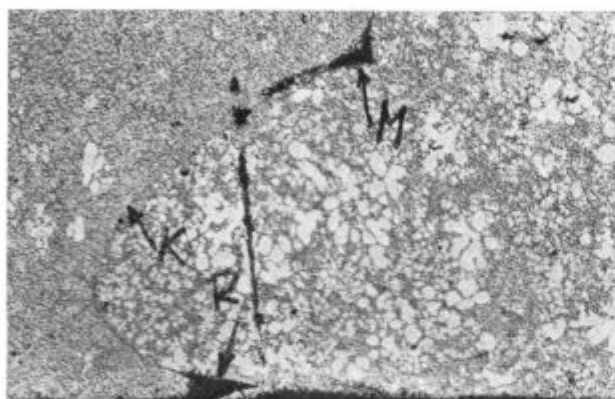
Slika 11

Mikrostruktura na prečnem preseku ohišja; Vidljivo se znaki mikroporoznosti (M), oksidna kožica (K) ter nehomogena porazdelitev strukturnih komponent; polirano; pov. 100×



Slika 12

Z oksidno kožico obdan otok sestavljen iz dendritov in eutektika; polirano; pov. 100×



Slika 13

Struktura v okolici in podaljšku razpoke s sl. 10. Mikro-poroznost (M) in oksidna kožica (K) ob podaljšku razpoke (R); pov. 100×

radi prelitja. Seveda tako ohišje, zaradi opisanih livarskih napak, ni sposobno prenašati dinamičnih obremenitev.

S kemično in metalografsko analizo smo tudi ugotovili, da ohišje reduktorja ni bilo izdelano iz zahtevne zlitine  $KAlSi10MgCu$ , temveč podobne zlitine  $KAlSi10Mg$ . Po namenu uporabe se ti dve zlitini ločita; prva je odporna proti vibracijam, druga pa proti udarcem. Trdnost in meja 0,2 sta pri obeh približno enaki, močno pa se razlikujeta v intervalu raztezkov in v maksimalno doseženih trdotah. Znanim delovnim pogojem ohišja reduktorja bi tudi druga zlitina odgovarjala, če bi bila pravilno toplotno obdelana in bila brez livarskih napak, od katerih so zlasti napake zaradi prelitja najbolj neugodne.

#### SKLEP:

Pri treh konstrukcijskih elementih izdelanih iz aluminija ali njegovih zlitin smo opazili napake, katerih izvor je bil že ali v nepravilni tehnologiji priprave taline in vlivanja, v nepravilnih pogojih luženja ali pa v majhni pomanjkljivosti konstrukcije. Nepravilen režim toplotne obdelave, posebno zlitin z bolj pestro sestavo, je tudi pogost vzrok neprimerne kvalitete. Prav pri toplotni obdelavi aluminija je zgrešenih mnogo napak, precej več kot pri toplotni obdelavi jekla. Velika selekcija materialov tako po lastnostih in namenu uporabe je pogoj za kvaliteto različnih strojnih delov, obenem pa narekuje povsem nov pristop k preiskavam in odpira mejo med posameznimi kovinami.

### ZUSAMMENFASSUNG

Im Artikel werden einige Beispiele der Giessfehler, Fehler welche bei der Verformung, bei der chemischen Oberflächenbehandlung, bei der Wärmebehandlung, und bei der praktischen Anwendung an aus Aluminium und Aluminiumlegierungen gefertigten Gegenstände entstanden sind beschrieben.

Die angegebenen Fehler zählen zu den allgemeinen Fehlern, welche an Gegenständen die aus Leichtmetallen

gefertigt sind, sehr oft auftreten können. Die grosse Auswahl der Werkstoffe sowohl in Hinsicht der spezifischen Anwendung und der optimalen Eigenschaften verlangt die Anwendung eines grossen Spekter verschiedener Werkstoffe in einem Erzeugniss. Deshalb fallen die Sperrn welche die Technologen künstlich zwischen die einzelnen Metalle gestellt haben, und führen zur einheitlichen Behandlung aller metallischen Werkstoffe.

### SUMMARY

Examples of faulty casts, defects which appear in working, in chemical surface processing, in heat treatment, and during the use of pieces made of aluminium and its alloys are described in the paper.

These defects are examples of general defects which often appear in light metal products. Great choice of

materials for specific uses and with optimal properties demand the use of very wide range of materials in a single composite product. Therefore the barriers which were artificially erected between single metals by technologists are knocked down, and metal materials are treated more and more uniformly.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье описаны случаи античных пороков на изделиях из алюминия и его сплавах полученные во время формовки, химической обработке поверхности отливки, термической обработки а также пороков которые появляются во время их употребления. Описанная порода представляет именно тот вид пороков, которые часто появляются на изделиях из легких металлах.

Большая селекция материала что касается специфичности употребления а также и оптимальности качества указывает на необходимость применения более широкого спектра материала в одном изделии. Поэтому, искусственно от стороны технологов поставленные барьеры между отдельными металлами все более и более ослабевают и ведёт к унификации оценки всех металлических изделий.