

ORIGINALNI NAUČNI RAD

D. Kakaš*

PRILOG IZUČAVANJU VATROPOSTOJANOSTI ALITIRANIH
ČELIKA

Rezime

U radu je data analiza problematike koja se pojavljuje pri merenju i odredjivanju vatropostojanosti alitiranih čelika. Na osnovu iskustava stečenih pri uporednom ispitivanju alitiranih prevlaka sa različitim sastavom površinskih slojeva, dat je predlog za metodologiju merenja vatropostojanosti koja u laboratorijskim uslovima može dati optimalne rezultate.

A CONTRIBUTION TO THE INVESTIGATION OF HIGH
TEMPERATURE CORROSION RESISTANCE OF ALUMINIUM
COATING STEEL

Summary

In this paper it was shown the problematics which appear during the investigation of high temperature corrosion resistance of aluminium coating steel. Based on the experiance which was got by the investigation of aluminium coated layer behaviour with different composition of layer, it was given the proposal for improvement the methodology of high temperature corrosion resistance investigation.

1. UVOD

Zaštitne osobine prevlaka otpornih na visokotemperaturnu koroziju mogu se odredjivati na osnovu ispitivanja pomoću metoda prilagodjenih laboratorijskim uslovima ili pomoću praćenja ponašanja uzoraka u eksploatacionim uslovima. Pri tome se može ispitivati koliko dugo odredjena prevlaka može da zaštiti površinu čelika u datim uslovima ili koja je maksimalna temperatura pri

*) Kakaš dr Damir, dipl.ing., docent, Fakultet tehničkih nauka, Institut za proizvodno mašinstvo, 21000 Novi Sad, V.Perića Valtera 2.

kojoj prevlaka zaštićuje površinu čelika u toku zadatog vremena. U praksi se daleko češće određuje dugovečnost zaštitnih svojstava prevlaka [1] te će ovom problemu biti posvećena osnovna pažnja.

Dugovečnost alitiranih prevlaka, kao kriterijum vatropostojanosti, može se ocenjivati preko procene iscrpljivanja zaštitnih svojstava. Iscrpljivanje zaštitnih svojstava se ocenjuje putem praćenja sledećih karakteristika [2]:

- pokazatelja gubitka mase uzorka u toku vremena
- pokazatelja prirasta mase uzorka u toku vremena
- pokazatelja dubine prodiranja oksida u površinski sloj prevlake
- pokazatelja srednje vrednosti debljine prevlake koja se udaljava sa površine uzorka za vreme ispitivanja
- pokazatelja srednje dugovečnosti jedinice debljine prevlake.

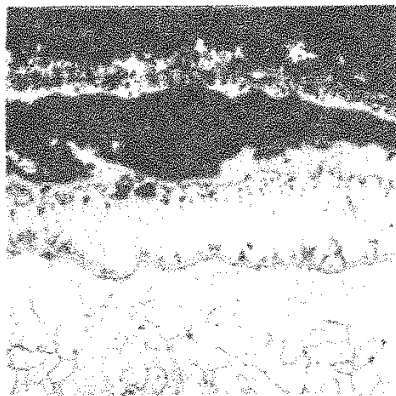
Potpuno iscrpljivanje zaštitnih svojstava prevlake se često ocenjuje putem vizuelnih metoda, jer se pojavljuju karakteristične promene boje površine uzorka, ali se sve više koriste i precizne analitičke metode.

Kod alitiranih uzoraka, u toku visokotemperaturne oksidacije dolazi do obrazovanja dovoljno debelih zaštitnih oksidnih opni na površini. Osnovni uticaj na dalje odvijanje procesa visokotemperaturne oksidacije ima difuzija katijona, anijona i elektrona unutar površinskog sloja uzorka. Brzina difuzije jona i elektrona u oksidnim opnama zavisi od broja defekata u kristalnoj rešetki, kao i od veličine energije aktivacije difuzionih procesa u rešetki oksida.

Prisustvo naprezanja u oksidnoj opni ima veliki uticaj na odvijanje procesa visokotemperaturne oksidacije. Oksidne opne obično imaju malu čvrstoću i plastičnost, te zato relativno lako dolazi do njihovog razaranja već pri dejstvu sasvim malih napona i deformacija. Razaranja kompaktnosti opne dovodi do povećanja ukupne brzine oksidacije i izaziva narušavanje ravnomernog karaktera oksidacije.

Pri hladjenju alitiranih uzoraka, pokrivenih oksidnom opnom koja je obrazovana u toku delovanja visokotemperaturne oksidacije,

obično nastaju pritisni naponi u opni. To se objašnjava razlikom u koeficijentu linearnog i zapreminskog širenja oksida i osnovnog metala [3]. Ovi naponi su opasni, jer na sobnoj temperaturi mogu dovesti do pojave odslojavanja i razaranja opne, kao što je to prikazano na slici 1.



Slika 1.

Stoga se pojavio problem kako ispitivati vatropostojanost, odnosno otpornost na visokotemperaturnu oksidaciju različitih vrsta alitiranih prevlaka, a da se pri tome dobiju što verodostojniji podaci.

2. REZULTATI I DISKUSIJA

Kao prvi eksperiment izvršeno je uporedno ispitivanje promene specifičnog prirasta mase uzorka sa vremenom, za tri vrste alitiranih prevlaka. Uzorci za alitiranje su bili izradjeni od niskougljeničnog čelika č.1212 u obliku pločica dimenzija 50x15x3,5 mm. Alitiranje je izvršeno putem potapanja u rastop sa temperaturom od 760 °C u trajanju od 5 minuta. Za alitiranje su korišćena tri različita rastopa:

- rastop 1 - 99,5% Al
- rastop 2 - legura Al-Si sa 5,80% Si
- rastop 3 - legura Al-Si sa 11,78% Si.

Ispitivanje vatropostojanosti je bilo vršeno u laboratorijskoj komornoj peći na temperaturi od 700 °C, a promena težine uzoraka je merena svakih 24 časa. Specifični prirast mase uzoraka (q) je meren na tri uzorka za svaku vrstu alitirane prevlake, a u tabeli su date srednje vrednosti iz tri merenja.

Tabela T-1.

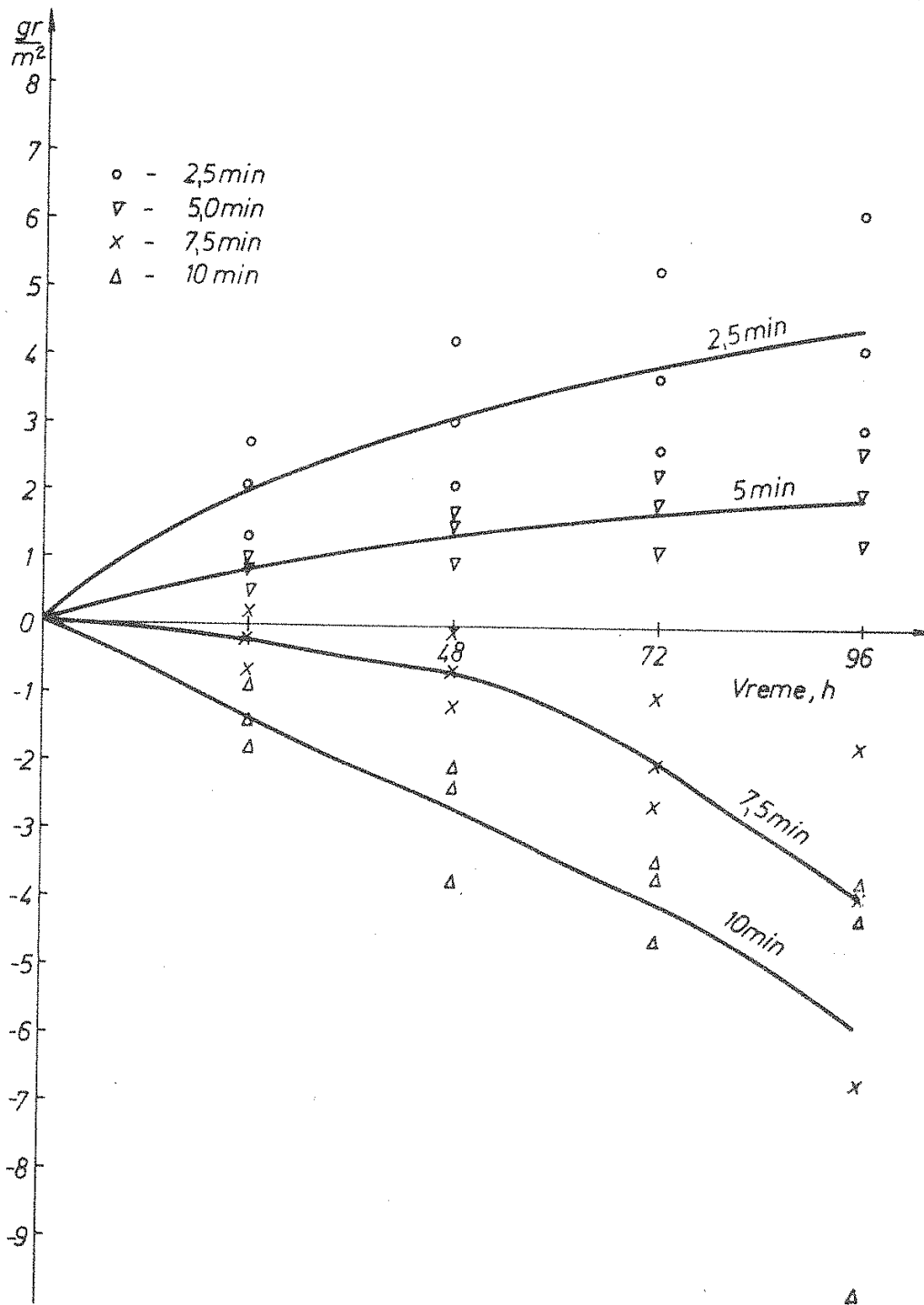
Vrsta rastopa	q u g/m ² mereno nakon			
	24 časa	48 časova	72 časa	96 časova
1	1,33	2,17	2,77	3,18
2	7,69	13,85	19,05	24,30
3	7,71	12,70	17,34	21,19

Dobijeni rezultati su pokazivali da uzorci alitirani u rastopu 1 imaju daleko manji specifični prirast mase uzoraka u odnosu na uzorke alitirane u rastopima 2 i 3. Ovo se, međutim, nije poklapalo sa podacima u literaturi [4,5] prema kojima je trebalo da alitiranjem u rastopu sa Al-Si legurama povećamo vatropostojanost, odnosno da smanjimo veličinu q . Da bi se bliže ispitala pojava rezultata izloženih u tabeli T-1, izvršeno je alitiranje u dve vrste rastopa: rastopu 1 i rastopu 2, na temperaturi od 700 °C, a vreme trajanja je varirano u četiri nivoa: 2,5; 5; 7,5 i 10 minuta. Merenje promene težine uzoraka je vršeno svakih 24 časa, a izračunate veličine specifičnog prirasta mase uzorka su date na slikama 2 i 3.

Na slici 2 se vidi da kod uzoraka alitiranih u rastopu 1 može doći do pojave negativnih vrednosti za veličinu specifičnog prirasta mase uzorka, što ukazuje da je prevlaka izložena intenzivnom odslojavanju površinskog sloja. U ovakvim slučajevima dolazi do veoma brzog iscrpljivanja zaštitnih svojstava prevlake iako je specifični prirast mase uzorka mali ili čak negativan.

Kod uzoraka alitiranih u rastopu 2 nema negativnih vrednosti za prirast mase uzorka, već se promena veličine q po vremenu odvija po paraboličnim zakonu, kao što se vidi na slici 3.

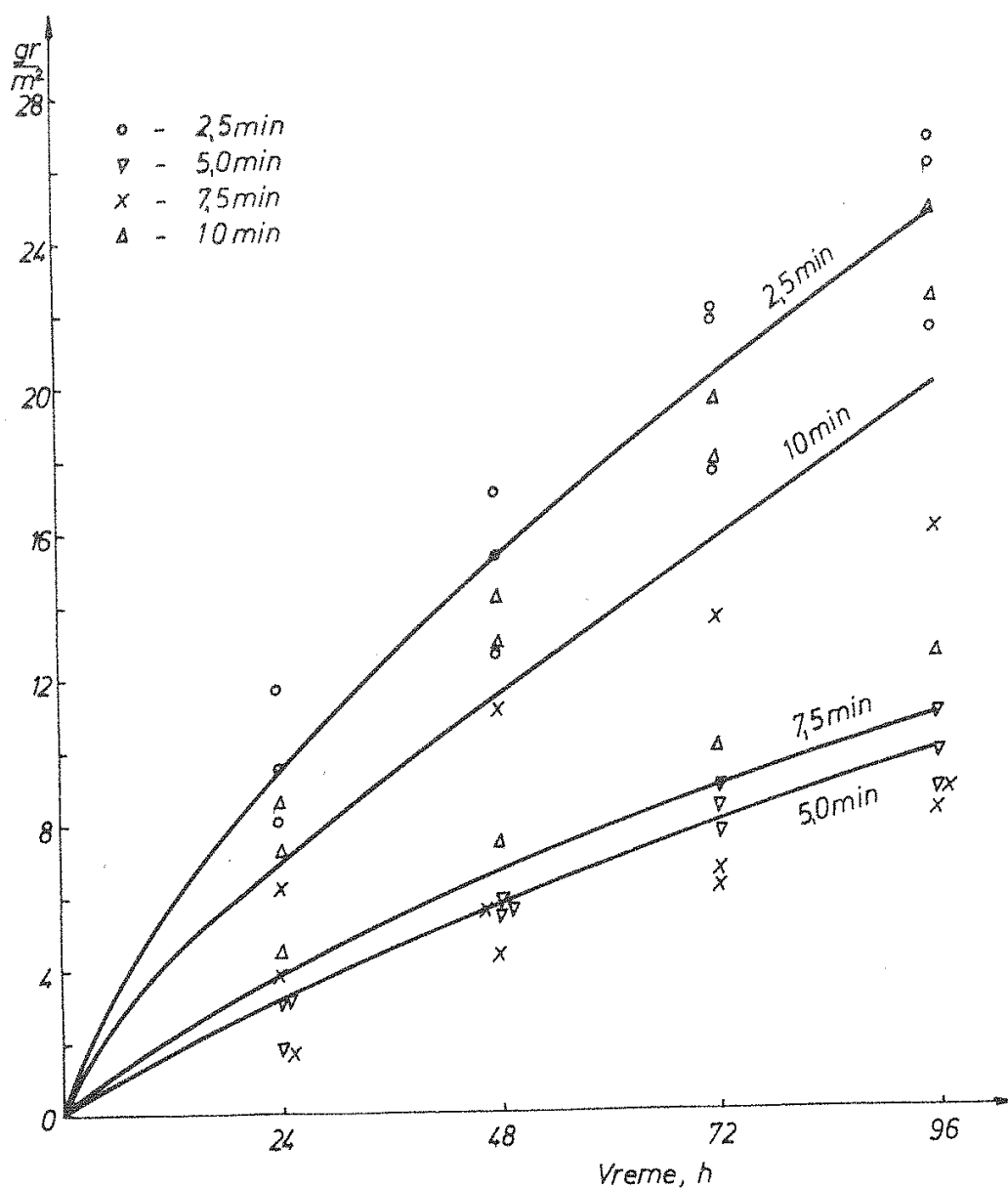
Različito ponašanje pri ispitivanju vatropostojanosti kod ove dve vrste uzoraka može se objasniti razlikom u sastavu difuzionog sloja, koji nastaje na površini uzoraka pri alitiranju, ali i razlikom u dimenzijama ovog sloja. Stoga se za pravilnu ocenu vatropostojanosti alitiranih uzoraka moraju koristiti i dopunska ispitivanja promene sastava i dimenzija površinskog difuzionog sloja uzoraka. Ova ispitivanja su pokazala da se kod uzoraka alitiranih u rastopu 1 dobijaju veoma debeli difuzioni slojevi, reda veličina 100 μm do 300 μm . Sa porastom debljine difuzionog



Slika 2.

sloja raste i opasnost od pojave poroznosti u sloju, koja nastaje usled previše intenzivnih procesa difuzije u toku alitiranja. Takvi slojevi su manje otporni na visokotemperaturnu oksidaciju, a posebno su skloni odslojavanju pri hladjenju uzoraka. Stoga se samo na osnovu veličine $q(\text{g}/\text{m}^2)$ ne može oceniti njihova vatropostojanost.

Kod uzoraka alitiranih u rastopima legura Al-Si u toku alitiranja nastaju difuzioni slojevi daleko manjih debljina, od $10\ \mu\text{m}$ do $25\ \mu\text{m}$, kod kojih nije uočena poroznost i koji imaju prirast mase uzorka po vremenu u skladu sa paraboličkim zakonom. Kod ovih uzoraka merenjem veličine specifičnog prirasta mase uzorka



Slika 3.

može se daleko bolje oceniti vatropostojanost uzoraka. Na osnovu analize većeg broja rezultata koji se ovde ne mogu prikazati zbog ograničenog prostora, zaključeno je da vreme držanja uzorka na temperaturi ispitivanja vatropostojanosti treba da bude 50 časova. Da bi se izbegao uticaj spoljnog sloja alitirane prevlake, koji ostaje iznad difuzionog sloja nakon vadjanja uzorka iz rastopa, a koji se relativno brzo topi i odstranjuje sa površine, potrebno je izvršiti pripremno držanje ispitivanih uzoraka na temperaturi ispitivanja vatropostojanosti u trajanju od 4 časa. Površina uzorka treba da se pažljivo očisti posle hlađenja na sobnu temperaturu, a zatim izmerena vrednost težine uzorka služi kao polazno stanje za određivanje veličine q . Nakon 50 časova provedenih na temperaturi ispitivanja vatropostojanosti, uzorci se hlade na vazduhu do sobne temperature i meri im se promena težine koja se zatim deli sa stvarnom izmerenom površinom uzorka.

Na taj način izračunata veličina specifičnog prirasta mase uzorka može poslužiti kao veoma pouzdana metoda za upoređivanje vatropostojanosti uzoraka alitiranih sa različitim Al-Si legurama. Međutim, da bi se dobila potpuno pouzdana slika o iscrpljivanju zaštitnih svojstava prevlake, potrebna su i dodatna metalografska ispitivanja kao i određivanje sadržaja Al i Si u površinskom sloju uzorka pomoću elektronskog mikroanalizatora.

3. ZAKLJUČAK

Na osnovu prethodno izloženog može se zaključiti da se upoređivanje vatropostojanosti alitiranih prevlaka može relativno jednostavno, brzo i pouzdano vršiti putem merenja specifičnih prirasta mase uzorka u laboratorijskim uslovima. Vreme držanja uzorka na temperaturi ispitivanja vatropostojanosti ne treba da bude predugo, a u toku ispitivanja uzorak ne treba hladiti, da bi se izbegla opasnost od pucanja i odvajanja prevlake od površine metalnog uzorka. Potpuno pouzdana slika o vatropostojanosti alitiranih prevlaka može se dobiti ako se izvrše dodatna ispitivanja iscrpljivanja zaštitnih sposobnosti prevlaka. Putem metalografskih ispitivanja je potrebno odrediti prisustvo poroznosti, odslojavanja itd., dok se putem analize na elektronskom mikroanalizatoru određuje raspored i sadržaj legirajućih elemenata u površinskom sloju uzoraka.

LITERATURA

- [1] Nikitin, V.I.: Rasčet žarostojkosti metallov, Metallurgija, Moskva, 1976.
- [2] Kolomi'cev, P.T.: Žarostojkie diffuzionye pokr'i'tija, Metallurgija, Moskva, 1979.
- [3] Dix Jr. E.H.: The resistance of Aluminium Alloys to Corrosion, Metals Handbook, ASTM, 1961, 1961. Vol.1.
- [4] Gembalski, S.: Metallovedenie i termoobrabotka metallov, broj 9, 1967. strana 4-10.
- [5] Ljahović, L.S. i dr.: Zaščitnye pokrytija na metallah, Vol.10, 1976., strana 95-100.