

Obdelava površine zlitine FeAl 12,5 z ionskim nitriranjem v pulzirajoči plazmi

Surfacing of FeAl 12,5 Alloy by Pulsed Plasma Nitriding

M. Torkar¹, V. Leskovšek, IMT, Ljubljana

Prejem rokopisa - received: 1995-10-04; sprejem za objavo - accepted for publication: 1996-01-22

Železovi aluminidi imajo, v primerjavi z avstenitnim nerjavnim jeklom, do sedemkrat boljšo odpornost proti oksidaciji pri povišanih temperaturah. Zato predstavljajo perspektiven material za uporabo na številnih področjih, npr. v termoenergetiki, kjer pa mora pogosto imeti material tudi povečano erozijsko odpornost, zaradi delcev, ki jih nosijo s seboj vroči plini. Preizkus ionskega nitriranja površine v pulzirajoči plazmi je pokazal, da je nitriranje izvedljivo in bo tako utrjena zlitina odpornejša tudi proti eroziji.

Ključne besede: Fe-aluminid, ionsko nitriranje, trdota nitrirane površine

The oxidation resistance of iron-aluminide is about seven times higher in comparison to austenitic stainless steel. Therefore, this material will be perspective for different application, e.g. in thermoenergetics, where erosion resistance of the surface is often demanded, due the particles, travelling with hot gases. Pulsed-plasma nitriding test confirms that the increased hardness of the Fe-aluminide surface will probably increase the resistance of Fe-aluminide to erosion.

Key words: Fe-aluminide, ion nitriding, hardness of nitrided surface

1 Uvod in namen raziskave

Fe-, Ni- in Ti-aluminidi so, zaradi posebnih lastnosti, predmet številnih raziskav, širom po svetu. Fe-aluminidi, ki imajo odlično odpornost proti oksidaciji pri povišanih temperaturah, so zato uporabni npr. v termoenergetiki in na drugih področjih, kjer pa je poleg odpornosti proti oksidaciji potrebna tudi odpornost proti eroziji in abraziji.

Pri zgorevanju premogov namreč dimni plini nosijo s seboj tudi delce pepela, ki ob udarcu na površino povzročajo njeno erozijsko obrabo¹.

Razvoj Fe-aluminidov, ki so razmeroma krhek material², gre v dveh smereh^{3,4}; v smeri preizkušanja dodatkov različnih elementov, ki naj bi omogočili nastanek novih drsnih sistemov za povečanje plastičnosti in zmanjšanje krhkosti ter v smeri oplemenitenja površine, s tvorbo tankih nanosov, s plamenskimi ali plazemskimi nanašanjem oziroma z "in situ" sintezo Fe-aluminida na površini konstrukcijskih jekel.

S tanko prevleko Fe-aluminida dobi površina konstrukcijskega dela željeno odpornost proti oksidaciji, hkrati pa osnova obdrži trdnost in žilavost. Z nitriranjem površine pa se zaradi povečanja trdote doseže še povečanje odpornosti na erozijo.

Ionsko nitriranje^{5,6} v pulzirajoči plazmi poteka pri temperaturah med 350°C in 660°C, pri čemer lahko vplivamo tudi na sestavo nitridne plasti. Nizke temperature so ugodne, ker material po nitriranju ohrani v jedru izhodne mehanske lastnosti. Poleg tega je postopek prijazen do okolja, je nestrupen in ne povzroča obremenitve delovnega mesta.

Dušik se v plazmi nahaja v atomarni obliki in je zato močno reaktiven. Na očiščeni katodni površini nastajajo z dušikom bogati železovi nitridi.

Pri ionskem nitriranju v plazmi gre za kombinacijo procesa vgradnje in razgradnje.

Že po nekaj minutah se tvori nitridna plast, strm gradient koncentracije pa pospeši difuzijo dušika v notranjost.

Z zagonom nove naprave za ionsko nitriranje v pulzirajoči plazmi, se je odprlo pri nas novo področje raziskav in nove možnosti za oplemenitenje površin različnih kovinskih materialov, ki tvorijo z dušikom nitride.

Preizkusili smo ionsko nitriranje Fe-aluminida v pulzirajoči plazmi, da bi ugotovili, če je tovrstno nitriranje izvedljivo in če bi bilo mogoče nitriran Fe-aluminid uporabiti v primerih, kjer se od materiala zahteva, poleg odpornosti na oksidacijo pri povišanih temperaturah, tudi odpornost na erozijo. Na ta način bi bilo mogoče razširiti področje uporabe tovrstnega materiala na primer v termoenergetiki.

2 Eksperimentalni del

Zlitina s sestavo 87,5% Fe in 12,5% Al je bila izdelana v vakuumski indukcijski peči in ulita v palice premera 30 mm. Iz palice so bili izrezani vzorci, ki smo jih ionsko nitrirali v pulzirajoči plazmi, pri različnih pogojih; vendar najdalj 24 ur pri temperaturi 540°C.

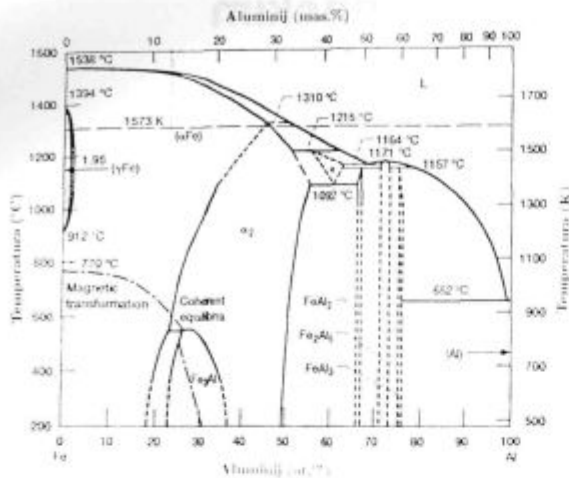
Po ohlaiditvi v peči za ionsko nitriranje smo izvršili metalografske preiskave in izmerili trdoto na površini, v nitrirani plasti in pod nitrirano plastjo.

3 Rezultati

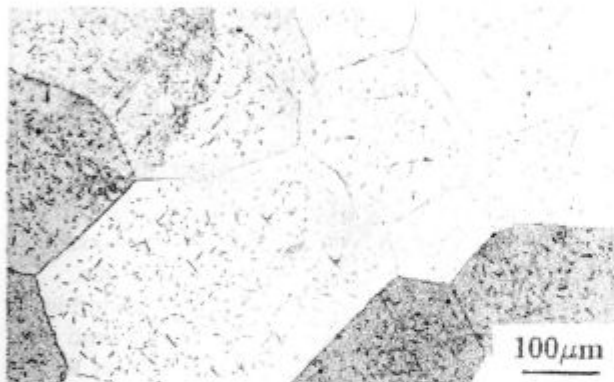
Fe-aluminid je bil ionsko nitriran v pulzirajoči plazmi. Položaj zlitine je prikazan v binarnem diagramu na **sliki 1**, mikrostruktura v litem stanju pa na **sliki 2**.

Dosežena debelina ionsko nitrirane plasti je bila od 25 µm do 300 µm, odvisno od procesnih parametrov.

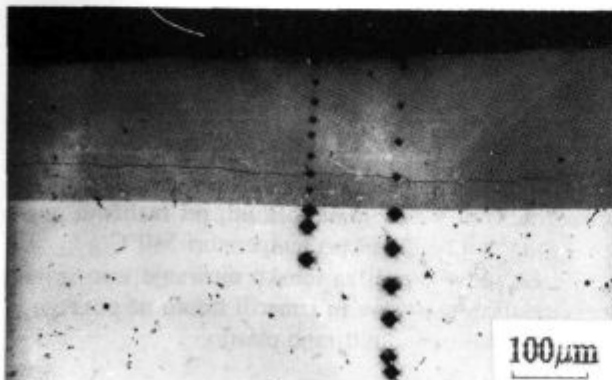
¹ Dr. Matjaž TORKAR, dipl.inž.met.
Inštitut za kovinske materiale in tehnologije
1000 Ljubljana, Lepi pot 11



Slika 1: Binarni diagram Fe-Al z vrisanim položajem zlitine
Figure 1: Binary phase diagram Fe-Al with marked position of the alloy

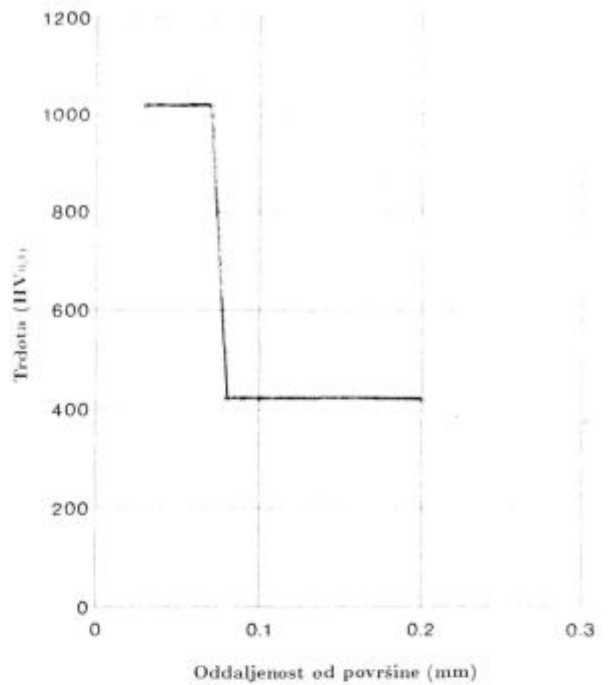


Slika 2: Mikrostruktura zlitine v litem stanju. Jedkano z Marblvim jedkalom
Figure 2: Optical micrograph of as cast alloy. Etched with Marble's reagent



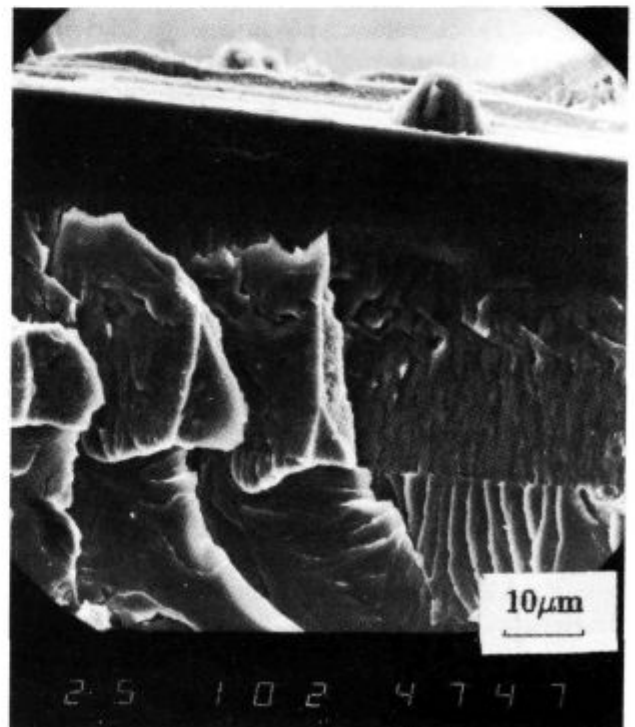
Slika 3: Optični posnetek odtisov trdote skozi nitirano plast
Figure 3: Optical micrograph of Vickers' imprints across nitrided layer

Zaradi krhkosti materiala prevelike debeline nitirane plasti niso zaželjene. Trdota osnove je bila okrog 420 HV_{0,1}, nitirane plasti pa 1018 HV_{0,1}. Zanimivo je, da



Slika 4: Trdota HV_{0,1} skozi nitirano plast in prehod v osnovo
Figure 4: Hardness HV_{0,1} through nitrided layer and in the matrix

merjenje trdote na prečnem prerezu nitrirane plasti ne pokaže gradienta trdote skozi plast (**slika 3 in 4**), trdota pa se na prehodu v osnovni material skokovito zmanjša. Iz stališča uporabnih lastnosti tak skokovit prehod ni



Slika 5: SEM posnetek preloma nitrirane plasti in osnovnega materiala
Figure 5: SEM micrograph of fracture surface of nitrided layer and base material

ugoden, ker lahko povzroči kopičenje napetosti na prehodu.

Prelom nitrirane plasti in osnove je krhek. Propagacija razpoke se ustavi na meji z osnovo in se ponovno prične v osnovi, kar kaže na razliko v lomni žilavosti nitrirane plasti in osnove (slika 5).

Za Fe-aluminide je značilno, da so krhki in zato manj primerni za izdelavo nosilnih konstrukcijskih elementov. Material ima dobro odpornost proti oksidaciji pri povišanih temperaturah, povečanje trdote površine pa naj bi ugodno vplivalo tudi na povečanje odpornosti proti eroziji.

4 Sklepi

Raziskava je pokazala, da je ionsko nitriranje intermetalne zlitine (87,5% Fe, 12,5% Al) izvedljivo.

Z izbiro procesnih parametrov je mogoče vplivati na debelino nitrirane plasti.

Visoka trdota nitrirane plasti na površini kaže nove možnosti uporabe tovrstnih zlitin za strojne dele, ki so poleg oksidacije pri povišanih temperaturah, izpo-

stavljene tudi eroziji, na primer v termoenergetskih napravah.

5 Zahvala

Zahvaljujemo se Ministrstvu za znanost in tehnologijo Slovenije, ki je financiralo to raziskavo.

6 Literatura

- ¹D. J. Stephenson and J. R. Nicholls: Modelling erosive wear, *Corrosion Science*, 35, 1993, 5-8, 1015
- ²G. Sauthoff: Creep of intermetallics, *Mat. Sci. and Technol.*, 8, 1992, 363
- ³U. Prakash, R. A. Buckley and H. Jones: Effect of molybdenum substitution on crystal structure of ordered Fe-Al alloys, *Mat. Sci. and Technol.*, 9, 1993, 16
- ⁴C. Hu and T. N. Baker: Microstructure of Al-Fe alloys sintered via in situ microfusion process, *Mat. Sci. and Technol.*, 9, 1993, 48
- ⁵H. Hornberg: Glimm-Nitrieren: ein Verfahren zum Nitrieren von Stahloberflächen mit Hilfe einer Glimmentladung, *Härtere Tech. Mit.*, 17, 1962, 2, 82
- ⁶R. Chaterjee-Fischer: Wärmebehandlung von Eisenwerkstoffen, Expert Verlag, Sindelfingen, 1986, 125