

DIMENZIJSKA STABILNOST BATNIC PLINSKIH BLAŽILCEV IZ NITROCEMENTIRANEGA JEKLA

DIMENSIONAL STABILITY OF GAS SHOCK ABSORBERS WITH NITROCARBURIZED STEEL PISTON RODS

Gorazd Jutriša

Inštitut za kovinske materiale in tehnologije, Lepi pot 11, 1000 Ljubljana, Slovenija
gorazd.jutrisha@imt.si

Prejem rokopisa - received: 2001-11-23; sprejem za objavo - accepted for publication: 2001-12-10

Nitrocementiranje v pulzirajoči plazmi je termokemični proces, s katerim utrdimo površino strojnih delov, izdelanih iz nizko ogljičnih jekel in jekel za poboljšanje. Nastala nitrocementirana plast z relativno visoko površinsko trdoto povečuje strojnimi delom obstojnost proti obrabi in odpornost proti koroziji. Ker proces poteka pri relativno nizki temperaturi, so dimenzijske spremembe pri obdelavi minimalne. Batnice plinskih amortizerjev, izdelane iz jekla za poboljšanje W.No. 1.1191, smo nitrocementirali v pulzirajoči plazmi pri temperaturi 580 °C v plinski mešanici 87% N₂, 11% H₂ z dodatkom 2% CO₂ pri napetosti 375 V in toku 37 A. Širina pulza je bila 0,480 ms, dolžina pavze pa 0,020 ms. Opletanje batnic plinskih amortizerjev po obdelavi se je v povprečju povečalo od 0,00 mm na 0,06 mm. Hrapavost površine batnic R_a se je po obdelavi povečala v povprečju iz 0,125 μm na 0,207 μm (za približno 60%). Površinska trdota batnic plinskih amortizerjev s trdoto jedra 195 HV1 je povprečno 587 HV1. Celotna globina nitrocementiranja (Nht) je v povprečju 0,52 mm. Z metalografsko analizo smo ugotovili, da je na površini dvofazna spojinska plast, sestavljena iz faz ε - Fe_{2,3}(N,C) in γ - Fe₄(N,C). Debelina spojinske plasti je v povprečju 23,9 μm.

Ključne besede: nitrocementiranje v pulzirajoči plazmi, spojinska plast, profil mikrotrdote, celotna globina nitrocementiranja

Pulse-plasma nitrocarburizing is a thermochemical process, which is used to upgrade the surface properties of mechanical parts made from low-alloyed and heat-treated steel, through the formation of a nitrocarburized layer, characterised by high hardness and superior wear and corrosion resistance. Because the process is carried out at relatively low temperatures, there is little or no distortion of the mechanical parts during the process.

Gas shock absorbers' piston rods from heat-treated steel W.No. 1.1191 were pulse-plasma nitrocarburized at 580 °C in a gas mixture atmosphere containing 87% N₂, 11% H₂ with 2% CO₂ additions, at a voltage of 375 V and a current of 37 A. The pulse width was 0,480 ms and the pulse pause was 0,020 ms. Distortion of the gas shock absorbers' piston rods increased from 0,00 mm to 0,06 mm on average. The surface roughness R_a increased from 0,125 μm, on average, to 0,207 μm on average (cca. 60%). The surface hardness of the gas shock absorbers' piston rods with a core hardness of 195 HV1 is 587 HV1, on average. The total depth of the nitrocarburized case (Nht) is 0,52 mm, on average. With use of classic of metallographic techniques the presence of the compound layer, consisting ε - Fe_{2,3}(N,C) and γ - Fe₄(N,C) phases was observed on the surface. The average thickness of this layer was 23,9 μm.

Key words: pulse-plasma nitrocarburizing, compound layer, microhardness profile, total depth of the nitrocarburized case

1 UVOD

Nitrocementiranje v pulzirajoči plazmi je termokemični proces, s katerim utrdimo površino strojnih delov, izdelanih iz nizko ogljičnih jekel, jekel za poboljšanje, orodnih jekel, jekel, izdelanih po tehnologiji metalurgije prahov, in jeklene litine.

Z nitrocementiranjem v pulzirajoči plazmi utrdimo površino strojnih delov. Nastala nitrocementirna plast z relativno visoko površinsko trdoto povečuje strojnimi delom obstojnost proti obrabi, odpornost proti koroziji in trajno nihajno trdnost.

Ker proces poteka pri relativno nizki temperaturi, so dimenzijske spremembe med procesom minimalne.

Zaradi možnosti relativno široke izbire procesnih parametrov lahko lastnosti površine prilagodimo specifičnemu namenu uporabe.

Velika prednost nitrocementiranja v pulzirajoči plazmi pred drugimi postopki nitrocementiranja je tudi v tem, da je ta proces okolju neškodljiv.^{1,2,3,4,5}

Namen tega dela je raziskati vpliv nitrocementiranja v pulzirajoči plazmi na površinsko trdoto in dimenzijsko stabilnost batnic plinskih blažilcev, izdelanih iz jekla za poboljšanje W.No. 1.1191, pri danih procesnih parametrih.

2 EKSPERIMENTALNI DEL

2.1 Material in proces nitrocementiranja

Preiskavo smo izvedli na batnicah plinskih amortizerjev, dimenzij 10 mm × 195 mm, izdelanih iz jekla za poboljšanje W.No. 1.1191, katerega sestava je podana v **tabeli 1**.

Batnice smo saržirali kot je prikazano na **sliki 1**. Za namen raziskave smo enakomerno po višini sarže od skupaj 1120 izbrali 30 batnic plinskih amortizerjev.

Nitrocementiranje v pulzirajoči plazmi smo izvedli v peči GP 1000/80M (proizvajalca Metaplas Ionon GmbH) v plinski mešanici N₂, H₂ z dodatkom CO₂ pri



Slika 1: Način saržiranja batnic plinskih amortizerjev
Figure 1: Load configuration of gas shock absorbers' piston rods

temperaturi 580 °C, času 4 ure, napetosti 375 V, toku 37 A, širini pulza 0,480 ms in dolžini pavze 0,020 ms.

Tabela 1: Kemijska sestava jekla W.No. 1.1191 v mas. %
Table 1: Chemical composition of steel W.No. 1.1191 in wt. %

| C | Si | Mn | Cr | Mo | Ni |
|------|------|------|------|------|------|
| 0,46 | 0,20 | 0,65 | 0,20 | 0,05 | 0,20 |

2.2 Geometrijske meritve

Meritve opletanja smo izvedli z uporabo dveh prizem enakih dimenzij, med kateri smo nato postavili posamezno batnico in jo prostoročno zavrteli, rezultate pa smo odčitali z uporabo merilne ure z natančnostjo 0,01 mm.

Meritve hrapavosti površine so izvedli pri Kovinostugarstvu Jenko z merilnikom Rank Taylor Hobson.

2.3 Meritve mehanskih lastnosti in mikrostrukturalna analiza

Meritve trdote nitrocementirane površine smo izvedli po Vickersu pri obtežbi 1 kg z elektronskim merilnikom trdote MicroDur II proizvajalca Krautkramer Branson. Izvedli smo 5 meritev enakomerno po dolžini in obodu ter odčitali povprečno vrednost petih meritev, ki jo prikaže aparatura sama. Meritev trdote jedra pa smo izvedli po Vickersu pri obtežbi 1 kg in času 10 s z merilnikom trdote Z323 proizvajalca Zwick&Co. KG.

Vzorci, potrebni za izvedbo meritev mikrotrdote spojinske plasti ter profila mikrotrdote difuzijske plasti, smo iz vsake druge batnice pripravili po konvencionalni metalografski tehniki, jedkali pa z 2 odstotnim nitalom. Meritve debeline spojinske in difuzijske plasti smo izvedli na vzorcih, pripravljenih po konvencionalni metalografski tehniki, jedkanih z jedkalom Marble.

Meritve mikrotrdote spojinske plasti smo izvedli po Vickersu pri obtežbi 0,015 kg z merilnikom mikrotrdote Shimatzu Micro Hardnes tester Type M.

Meritve profila mikrotrdote spojinske plasti smo izvedli po Vickersu pri obtežbi 100 g, času 10 s z merilnikom mikrotrdote Shimatzu Micro Hardnes tester Type M. Meritve profila mikrotrdote smo izvedli po standardu DIN 50190, po katerem smo določili tudi celotno globino nitrocementiranja (Nht).

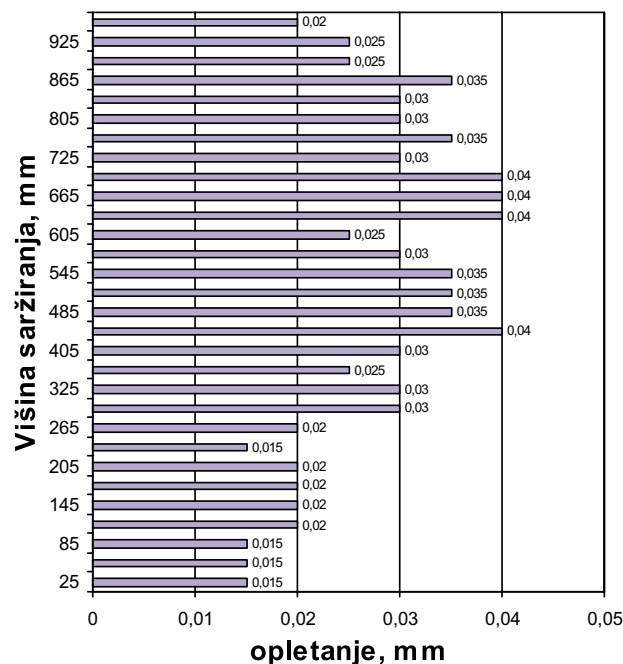
Meritve debeline spojinske plasti smo izvedli z uporabo optičnega mikroskopa Microphot-FXA proizvajalca Nikon, opremljenega s CCD kamero HV-C20A proizvajalca Hitachi, in programskega paketa analySIS.

Analizo mikrostrukture smo izvedli z uporabo optičnega mikroskopa Microphot-FXA proizvajalca Nikon, opremljenega s CCD kamero HV-C20A proizvajalca Hitachi, in programskega paketa analySIS.

3 REZULTATI IN DISKUSIJA

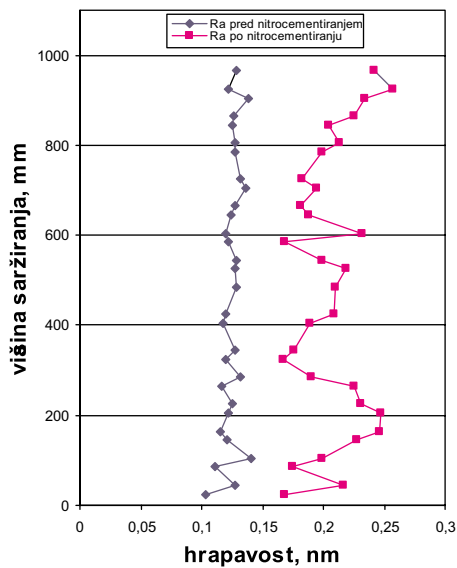
3.1 Geometrijske lastnosti

Opletanje batnic plinskih amortizerjev se je od 0,00 mm zaradi nitrocementiranja v pulzirajoči plazmi povečalo na povprečno 0,06 mm. Rezultati meritev opletanja batnic plinskih amortizerjev po nitrocementiranju v pulzirajoči plazmi so prikazani na **sliki 2**. Batnice plinskih amortizerjev so se zaradi sproščanja notranjih napetosti, nastalih pri predhodni mehanski obdelavi, po nitrocementiranju v pulzirajoči plazmi rahlo ukrivile. Iz rezultatov meritev opletanja je razvidno, da so se batnice plinskih amortizerjev na sredini ukrivile za 0,02 mm do



Slika 2: Opletanje batnic plinskih amortizerjev po nitrocementiranju v pulzirajoči plazmi

Figure 2: Distortion of gas shock absorbers' piston rods after pulse-plasma nitrocarburizing

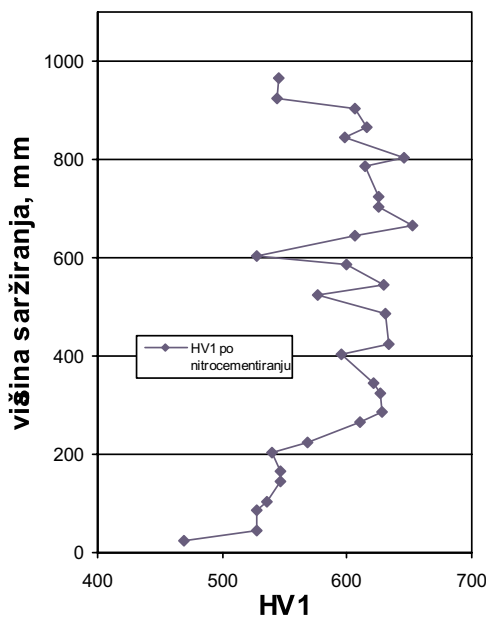


Slika 3: Hrapavost površine R_a batnic plinskih amortizerjev pred nitrocementiranjem v pulzirajoči plazmi in po njem
Figure 3: Surface roughness R_a of gas shock absorbers' piston rods before and after pulse-plasma nitrocarburizing

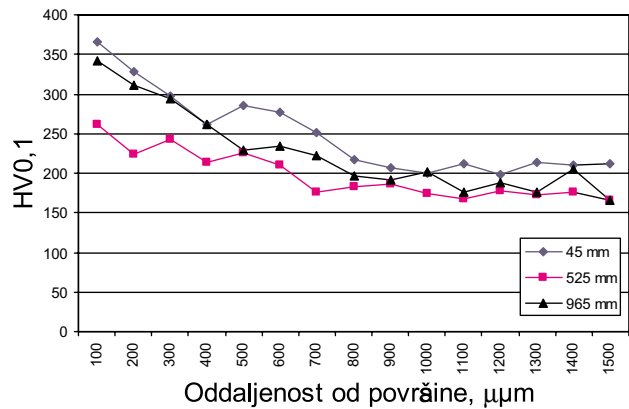
0,04 mm, kar je glede na namen uporabe in v primerjavi z dolžino batnic plinskih amortizerjev zanemarljivo.

Rezultati meritev hrapavosti površine batnic plinskih amortizerjev so prikazani na **sliki 3**.

Hrapavost površine batnic R_a se je pri posameznih batnicah povečala v povprečju iz 0,125 μm na 0,207 μm (za približno 60%). Zaradi izboljšanja videza površine batnic plinskih amortizerjev odpravimo povečano hrapavost površine s kasnejšim mehanskim poliranjem.



Slika 4: Površinska trdota batnic plinskih amortizerjev po nitrocementiranju v pulzirajoči plazmi
Figure 4: Surface hardness of gas shock absorbers' piston rods after pulse-plasma nitrocarburizing



Slika 5: Profili mikrotrdote HV 0,1 nitrocementirane plasti batnic plinskih amortizerjev
Figure 5: Microhardness profiles HV 0,1 of the nitrocarburized layer of the gas shock absorbers' piston rods

3.2 Mehanske lastnosti in mikrostrukturna analiza

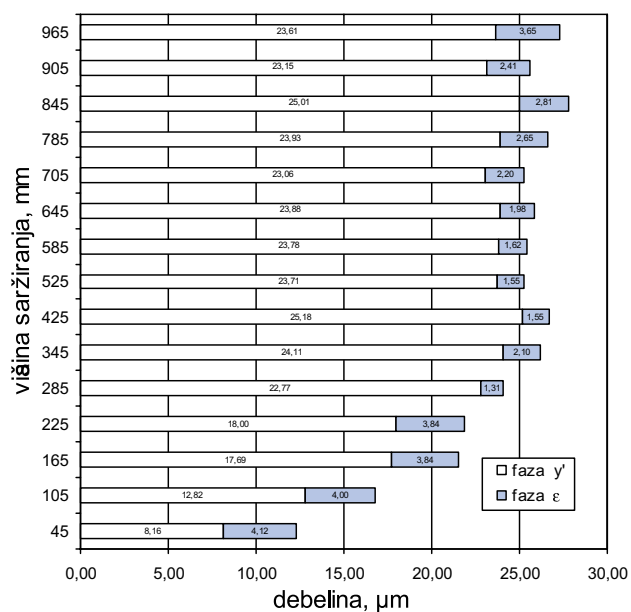
Po nitrocementiranju v pulzirajoči plazmi se je površinska trdota batnic plinskih amortizerjev glede na trdoto jedra močno povečala; s povprečno trdoto jedra 195 HV1 se je po nitrocementiranju v pulzirajoči plazmi povečala povprečno na 587HV1. Površinska trdota posameznih batnic plinskih amortizerjev po nitrocementiranju v pulzirajoči plazmi je prikazana na **sliki 4**.

V difuzijski plasti se izločajo drobno dispergirani karbonitridi legirnih elementov, ki utrujejo osnovni material.⁷ Mikrotrdota v smeri od površine proti notranjosti materiala pada. Profili mikrotrdote batnic plinskih amortizerjev, saržiranih na višini 45 mm, 525 mm ter 905 mm so prikazani na **sliki 5**.

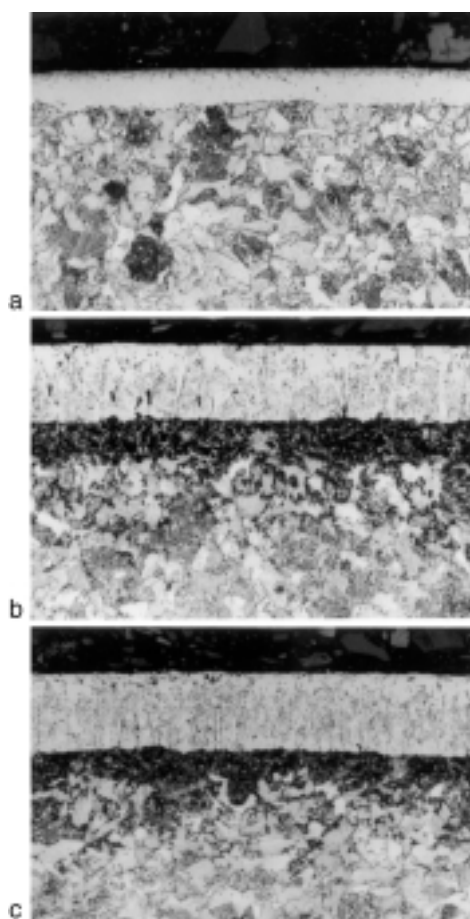
Celotna globina nitrocementiranja (Nht) batnic plinskih amortizerjev, določena po standardu DIN 50190, je v povprečju 0,52 mm. Celotna globina nitrocementiranja (Nht) posamezne batnice plinskega amortizerja je glede na višino saržiranja prikazana v **tabeli 2**.

Tabela 2: Celotna globina nitrocementiranja (Nht)
Table 2: The total depth of the nitrocarburized case (Nht)

| Višina saržiranja batnice | Nht |
|---------------------------|--------------------|
| 45 | 0,61Nht 262 HV0,1 |
| 105 | 0,62 Nht 258 HV0,1 |
| 165 | 0,43 Nht 242 HV0,1 |
| 225 | 0,53 Nht 239 HV0,1 |
| 285 | 0,44 Nht 229 HV0,1 |
| 345 | 0,44 Nht 220 HV0,1 |
| 425 | 0,45 Nht 227 HV0,1 |
| 525 | 0,55 Nht 222 HV0,1 |
| 585 | 0,55 Nht 221 HV0,1 |
| 645 | 0,45 Nht 232 HV0,1 |
| 705 | 0,44 Nht 228 HV0,1 |
| 785 | 0,55 Nht 218 HV0,1 |
| 845 | 0,55 Nht 223 HV0,1 |
| 905 | 0,55 Nht 223 HV0,1 |
| 965 | 0,62 Nht 232 HV0,1 |

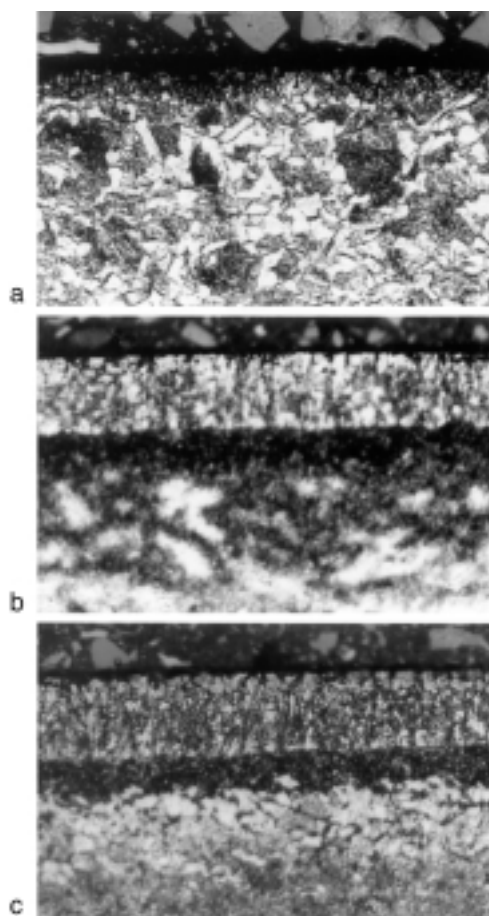


Slika 6: Debelina spojinske plasti
Figure 6: Thickness of the compound layer



Slika 7: Mikrostruktura nitrocementirane plasti ob zunanji površini batnic plinskih amortizerjev (višina saržiranja: a-45 mm, b-525 mm, c-905 mm); jedkano z 2 odstotnim nitalom, povečava 500-krat

Figure 7: Microstructure of the nitrocarburized layer at the outer surface of the gas shock absorbers' piston rods (load height: a-45 mm, b-525 mm, c-905 mm); etched with 2% Nital, magnification 500x



Slika 8: Mikrostruktura nitrocementirane plasti ob zunanji površini batnic plinskih amortizerjev (višina saržiranja: a-45 mm, b-525 mm, c-905 mm); jedkano z jedkalom Marble, povečava 500-krat

Figure 8: Microstructure of the nitrocarburized layer at the outer surface of the gas shock absorbers' piston rods (load height: a-45 mm, b-525 mm, c-905 mm); etched with Marble, magnification 500x

Debelina dvofazne spojinske plasti, sestavljene iz faze ϵ in γ , je povprečno 23,9 μm . Debelina faze ϵ je povprečno 2,64 μm , debelina faze γ pa je povprečno 21,26 μm .

Debeline spojinske plasti posameznih batnic plinskih amortizerjev so glede na višino saržiranja prikazane na **sliki 6**.

Mikrostruktura jedra batnic plinskih amortizerjev je sestavljena iz ferita in perlita. Nitrocementirano plast sestavljata dvofazna spojinska plast na površini ter difuzijska plast pod njo. To smo ugotovili z optično mikroskopijo vzorcev batnic, jedkanih z 2 odstotnim nitalom. Spojinska plast pa je sestavljena iz plasti faze ϵ - $\text{Fe}_{2,3}(\text{N,C})$ na površini ter plasti faze γ - $\text{Fe}_4(\text{N,C})$, ki leži pod njo in meji na difuzijsko plast, kar smo ugotovili pri optični mikroskopiji vzorcev posameznih batnic, jedkanih z jedkalom Marble. Pri jedkanju s tem jedkalom se faza ϵ - $\text{Fe}_{2,3}(\text{N,C})$ jedka, medtem ko ostane faza γ - $\text{Fe}_4(\text{N,C})$ bela.⁶

Mikrostruktura nitrocementirane plasti ob zunanji površini batnic, saržiranih na različnih višinah, je prikazana na **sliki 7** in **sliki 8**.

4 SKLEPI

Opletanje batnic plinskih amortizerjev se je po nitrocementiranju v pulzirajoči plazmi povečalo od 0,00 mm na povprečno 0,06 mm, kar je glede na namen uporabe v primerjavi z dolžino batnic plinskih amortizerjev zanemarljivo.

Hrapavost površine batnic plinskih amortizerjev R_a se je po nitrocementiranju v pulzirajoči plazmi povečala v povprečju iz 0,125 μm na 0,207 μm (za približno 60%).

Površinska trdota batnic plinskih amortizerjev s trdoto jedra 195 HV1 je povprečno 587 HV1.

Celotna globina nitrocementiranja (N_{ht}) je povprečno 0,52 mm.

Z metalografsko analizo smo ugotovili, da je na površini batnic plinskih amortizerjev nastala dvofazna spojinska plast, sestavljena iz faz ϵ - $\text{Fe}_{2,3}(\text{N,C})$ in γ - $\text{Fe}_4(\text{N,C})$.

Debelina spojinske plasti je v povprečju 23,9 μm .

5 LITERATURA

- ¹ Metals Handbook, Heat treating, Volume 4, ASM, Metals Park, Ohio 1981, 425
- ² Source Book on Nitriding, ASM, Metals Park, Ohio 1977, 266
- ³ V. Leskovšek, M. Doberšek, A. Rodič, Kovine zlitine tehnologije, 31 (1997) 6, 551-555
- ⁴ W. Rembges, W. Opiel, Surface and Coatings Technology, 59 (1993), 129-134
- ⁵ J. Slycke, L. Sproge and J. Agren, Scandinavian Journal of Metallurgy, 17 (1988), 122-126
- ⁶ S. Javorič, Master's Work, University of Ljubljana, Faculty of Natural Sciences, Ljubljana, 1997