

## Posebnosti pri cementaciji ali karbonitraciji kovov malih dimenzij

F. Legat\*\*

### UVOD

V kvalitetnejšem področju proizvodnje in uporabe je mnogo vrst verig in vijakov, ki se pri uporabi obrabljajo in morajo zato imeti trdo, obrabno obstojno površino. To so predvsem zaščitne verige za kolesa motornih vozil in traktorjev z zelo širokim razponom, od drobnih verig za osebna vozila in kamione, do verig, iz katerih izdelujemo goste mreže za kolesa težkih strojev za zemeljska dela. Trdo in obrabno odporno površino morajo imeti tudi nekatere druge verige, n. pr. za elavatorje. Tudi obseg debelin verig je velik, od nekaj milimetrov do preko 30 mm. Za utrjevanje površine uporabljamo izključno cementacijo in karbonitriranje, in seveda ustrezno toplotno obdelavo. Postopka sta sicer znana, vendar je pri verigah v primerjavi z drugimi izdelki precej posebnosti, ki zahtevajo določene prilagoditve obeh postopkov. Pri vijakih pa se vedno bolj pojavljajo zahteve po tanki karbonitraciji (0.2 mm). Tu pa se srečujemo dostikrat z zelo tankimi stenami.

Naogljčenje in poboljšanje malih kovov je kar precej drugačno kot velikih kovov:

1. Zahtevajo se tanke plasti naogljčenega, trdega nanosa, kar zahteva posebne pogoje pri sami toplotni obdelavi.

2. Sprememba dimenzij je kljub manjšim presekom dosti pomembna. Deformacije, ki jih povzročijo nato še poboljšanje, so dokaj velike in, procentualno gledano, večkrat odločilne.

Celoten proces naogljčenja teče, kot je znano, po Fick-ovi enačbi za difuzijo in je močno odvisen od:

- temperature,
- časa,

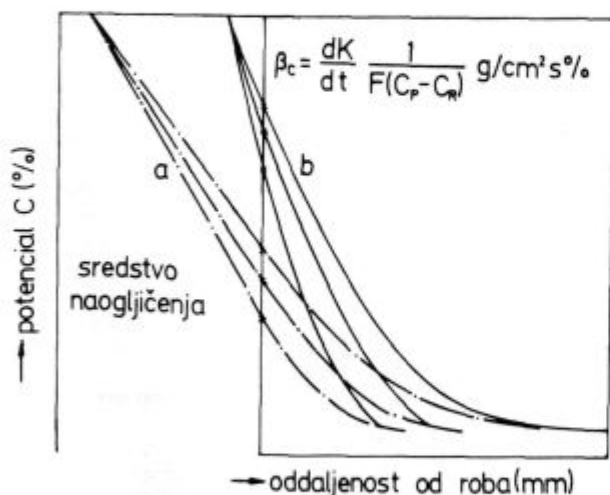


Diagram 1

- C potenciala,
- ogljikovega prehodnega števila in
- kemične sestave osnovnega materiala (difuzija).

Seveda, če celoten proces ogljčenja še oplemenitimo z dodatkom  $NH_3$ , pa moramo upoštevati še dodatne pogoje tega plina. Za dobro trdoto na površini rabimo določeno količino ogljika. Obogatitev površine za željeno trdoto po kaljenju pa lahko opravimo le v mediju, ki ima dosti dobro prehodno število ogljika. Navedeni diagram 1 kaže krivulje za medij z danim potencialom ogljika, vendar pa z različnim ogljikovim prehodnim številom  $\beta_c$ .

Ta diagram dokaj razločno pojasnjuje prehodno število  $\beta_c$  pri že pričakovanem mejnem procentu ogljika.

Imamo pa za sam izračun še posebno enačbo, in sicer:

$$\beta_c = \frac{dK}{dt} \frac{1}{F(C_p - C_R)} \text{ g/cm}^2 \text{ s \%}$$

V tej enačbi predstavlja  $\frac{dK}{dt}$  v določenem času

podano količino C.

F = površina, ki se ogličji

$C_p$  = potencial C v atmosferi peči

$C_R$  = ogljik v površini izdelka

Čim večje je prehodno ogljikovo število, tem hitreje bo dosegel C v površini željeno, predpisano mejo.

Kratek čas, ki se običajno uporablja pri kosih s tankimi stenami, pa otežuje enakomernost naogljčevanja.

Seveda iščemo zato v praksi bolj ugodne rešitve, kadar gre za drobne kose ali za izdelke s tankimi stenami.

Rešitvi sta dve:

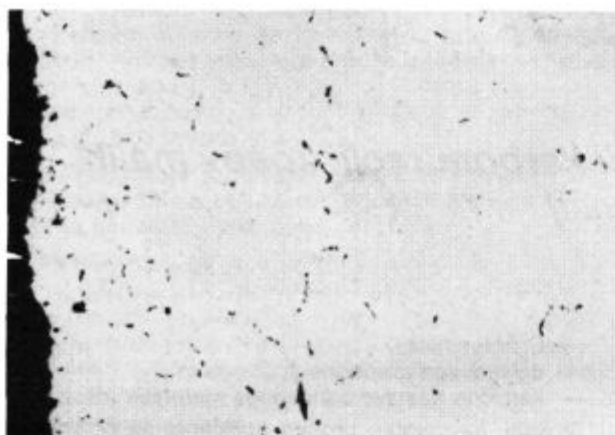
— za tanjše debeline cementacij uporabljamo nižje temperature cementacije in ustrezno daljše čase;

— druga, bolj uporabna možnost pa je zamenjava procesa cementacije, ki teče pri 930 °C, s karbonitracijo. To pomeni, da plinu za ogljčenje namerno dodajamo določen procent  $NH_3$ . Sam proces pa zopet vodimo tako, da je količina dodanega amoniaka prirejena temperaturi karbonitracije. Če je dodatek prevelik, lahko pride do izločanja karbonitridov v trdi površinski kožici. Če je postopek voden pravilno, dobimo lepo trdo plast, ki celo presega trdoto cementirane površine. Struktura je dokaj fino zrnata in ima lepo vezno območje med trdo kožo na površini in mehkejšim, bolj žilavim jedrom.

Preiskave so pokazale, da je treba pri delu posebej paziti na količino N v površinski kožici. Glede na to moramo regulirati dodatek amoniaka pri karbonitraciji.

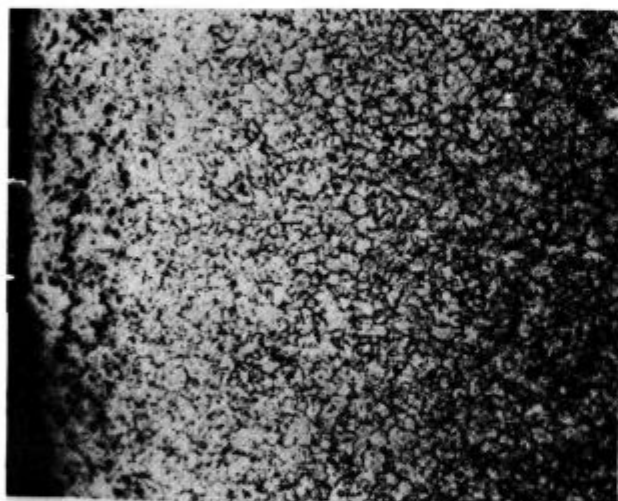
Za primerjavo dodajam metalografski posnetek (slika 1) izdelka iz jekla 20NiCrMo3, ki je bil karbonitriran pri 850 °C in dodatku amoniaka 3.5 %.

\*\* Franc Legat, dipl. ing. met. — Veriga Lesce

Slika 1: povečava  $\times 500$ 

Karbonitridi nastopajo takoj pod površino, lahko pa prodirajo tudi v notranjost.

Lep primer nam daje naslednja slika 2.

Slika 2: povečava  $\times 200$ 

Posebne osi za kolesa z različnimi preseki po dolžini so imele trdote od 720 do 835 HV. Izdelane so bile iz jekla Č.1221, hladno vlečenega, žarjenega, nato pa hladno preoblikovane. Bile so normalno karbonitrirane pri temperaturi 860°C do globine 0,6 mm. Zaradi neobičajnih padcev trdot na posameznih mestih smo naredili ponovno preiskavo in ugotovili, da je bil procent dušika v tem primeru v površini prevelik (0,6—0,8 % N), kar pomeni, da je naša količina  $\text{NH}_3$  s 3 % previsoka. Dodatni preizkusi in analize količine dušika v površini so potrdili, da je mejna vrednost za dušik 0,4 %. Če je koncentracija večja, nastaja možnost pojavljanja napak v trdi plasti.

Povezavo med količino dodanega amoniaka, temperaturo karbonitriranja in količino nastopajočega dušika v površini izdelka nazorno kaže naslednji **diagram 2**:

Iz diagrama lahko razberemo, kakšne mejne količine imamo lahko v površini pri različnih temperaturah.

Za naše praktične pogoje pride največ v poštev temp. 850—860°C. V praksi se pa dostikrat uporablja tudi nižja temperatura — 780°C, ki pa po diagramu daje maksimalno omejitev na N — 0,65 %, za 2,5 % dodanega  $\text{NH}_3$ , glede na količino zaščitnega plina.

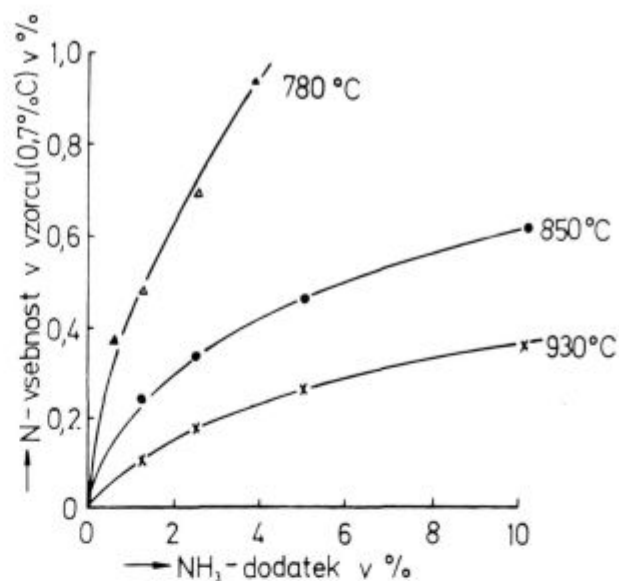


Diagram 2

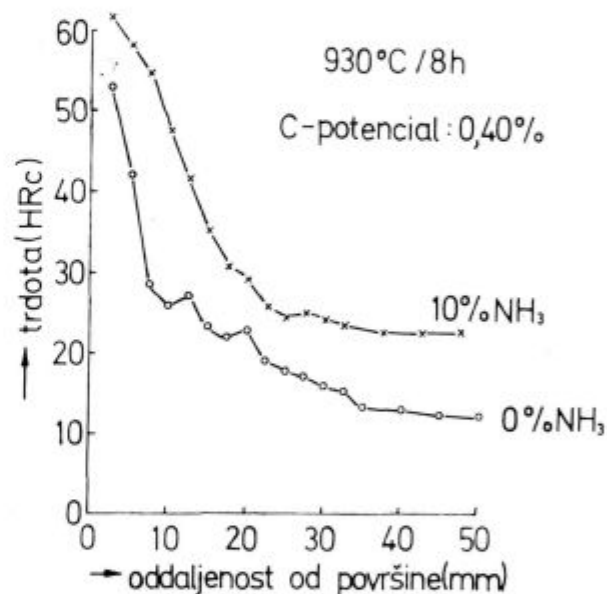


Diagram 3

Seveda normalno sledi naogljčenju ali karbonitriranju ohlajanje v olju, soleh ali v vodi. Ti drobni izdelki so običajno že oblikovno zaključeni in se mehansko po toplotni obdelavi ne dodelujejo več. To pa pomeni, da je zelo važna njihova oblikovna stabilnost. Prav zaradi deformacij in sprememb oblike sledi ohlajanje v olju, ki pa ima najmanj 50°C.

Zelo nazorno nam kaže vpliv temperature olja za nekaj znanih jekel po ohlajanju s temperature karbonitracije priloženi **diagram 4**.

To so kvalitete, ki so redno v domačem programu in se pri nas vsak dan uporabljajo.

Voda je običajno za tanke stene naših izdelkov nevarna. Če pa jo že uporabljamo, moramo praktično preveriti njene učinke in po potrebi usmeriti način padanja kosov v hladilno sredstvo, glede na obliko.

Kadar niso zahtevane ekstremno visoke trdote in želimo od izdelka več žilavosti, se priporoča bainitno

poboljšanje. Pri tem postopku grede izdelki direktno iz peči v kalilno sol, ki ima ustrezno temperaturo. Izdelki ostanejo v soli toliko časa, da se pretežni del avstenita spremeni v bainit. Seveda je najvažnejši dejavnik pri tem ohlajanju prav temperatura soli v kopeli. Najboljše rezultate dobimo v praksi, če ohlajanje poteka tik nad martenzitno črto, ki jo ima površinska kožica z novim procentom ogljika.

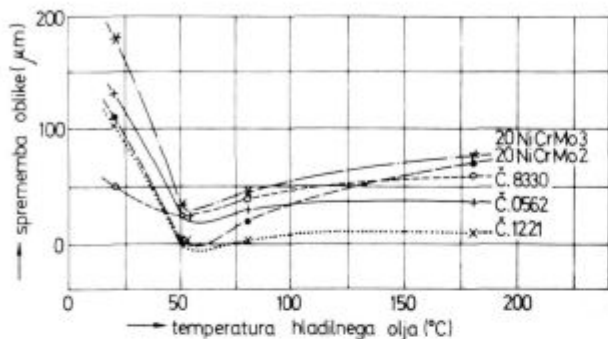


Diagram 4

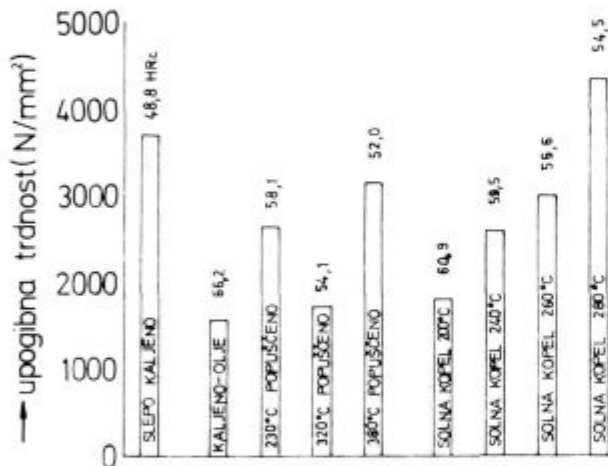


Diagram 5

Diagram 5 nam daje nekaj praktičnih primerjav za naše jeklo 20NiCrMo3, in sicer spremembe trdot in upogibnih trdnosti v odvisnosti od načina ohlajanja. Vzorci so bili karbonitrirani pri 870°C, žica Ø 9 mm, čas karbonitriranja 2 1/2 ure, potencial C — 0.7 %, N v površini 0.35 %.

Uporabna pa je v praksi tudi formula, s pomočjo katere lahko izračunamo globino naogljčenja, če imamo dan potencial C in oglikovo prehodno število:

$$EhT = K \sqrt{t}$$

K = posebna temperaturna količina, ki raste s temperaturo

t = čas naogljčenja

Kot smo že omenili, se pri dodatku NH<sub>3</sub> površinska trdota povečuje, ugodno pa vpliva na enakomernost naogljčene plasti.

Naslednji diagram 6 nam kaže razlike v trdoti med obema postopkoma: cementacijo in karbonitracijo, in to pri jeklu, ki se pogosto uporablja za pedalne osi.

KARBONITRACIJA IN CEMENTACIJA C 22

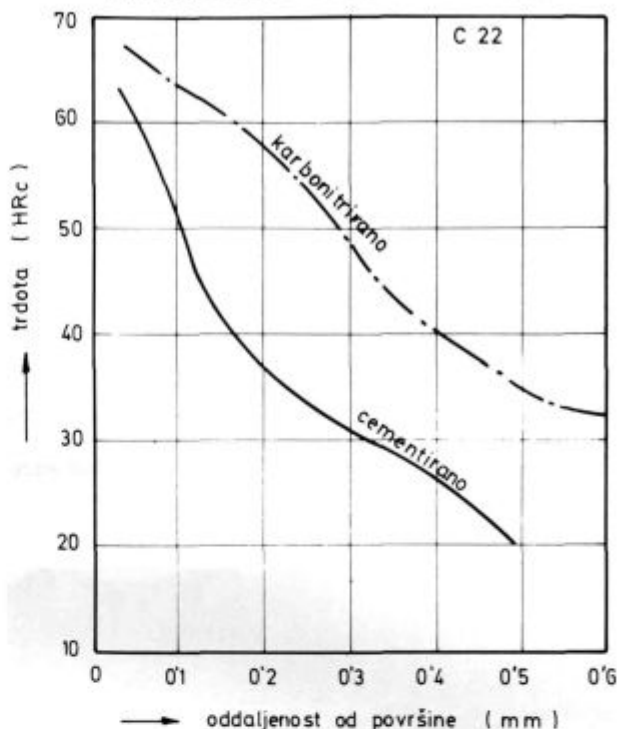


Diagram 6

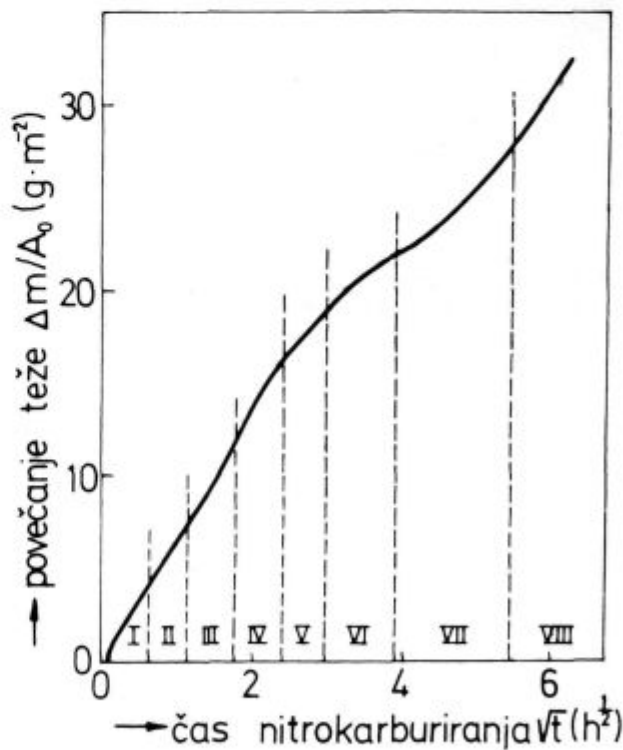


Diagram 7

Še enkrat pa moramo poudariti, da je količina N močno odvisna od temperature. Na drugi strani pa nam je poznan neugoden pojav raznih poroznosti in nastajanje luknjic v naši obogateni površinski coni. Narejenih je

bilo že dosti preiskav pri nas, pa tudi v RO na Jesenicah, vendar še vedno najbolj drži razlaga, da metastabilnost faz vodi do izločanja molekularnega dušika ( $N_2$ ). Tako je n. pr. parcialni pritisk dušika v ravnotežju z  $\epsilon$  — fazo pri določeni temperaturi, kar ima tendenco rekombinacije dušikovih atomov v  $N_2$ . Luknjice nastopajo po kristalnih mejah  $\epsilon$  — faze. Lahko pa se pojavijo tudi v kristalih. Z naraščanjem luknjic se le-te povezujejo in tvorijo posebne kanale, ki so včasih odprti celo do površine in imajo direktni stik s karbonitrirnim medijem.

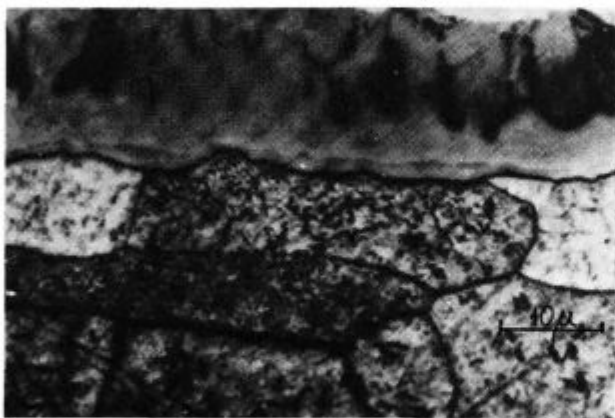
To pomeni, da tvorba por in kanalov vodita:

- k izgubi raztopljenega dušika in
- k povečevanju stičnih površin med karbonitrirnim medijem in površino izdelka.

Če pogledamo bolj natančno naslednji **diagram 7**, ki nam kaže naraščanje mase v odvisnosti od časa nitrokarburiranja (nitriranje z dodatkom propana kot aktivatorja), ugotovimo, da je nastajanje por najmočnejše prav v III. stadiju.

Porozni kristali jasno gledajo iz vezne cone, kar kaže na povečan pritisk  $N_2$  v notranjosti strukture.

Za primer prilagam **sliko 3** strukture.



**Slika 3:**

**Slika 3** kaže dvofazno in vezno cono s kanali po kristalnih mejah v coni.

Pri naših dvokomornih pečeh velja praktično pravilo, da dodajamo amoniak od 1—5 %, glede na količino nosilnega plina. Dodaja se amoniak nekoliko kasneje (z zamudo) za propanom, včasih celo šele v drugo komoro. Vrednosti, predpisane od proizvajalca peči, so dosti večje, celo do 15 %, kar pa se je izkazalo za odločno previsoko količino.

Pri procesu difundiranja C in N istočasno v jeklo. Amoniak se razcepi, tako da dobimo iz 2 molov  $NH_3$  1 mol dušika in 3 mole vodika. Dodatek 5 % amoniaka pomeni zmanjšanje količine CO za 10 %, kar ima za posledico zmanjšanje potenciala C in nižji ogljik v površinski kožici. Aktivnost in prehodnost C je sedaj odvisna od razmerja  $CO : H_2$ . Najboljši pogoji nastopajo, če je razmerje teh dveh komponent 1 : 1.

Praktično pa je videti tablica zmanjševanja C v površini zaradi prisotnosti N takole:

% N	% C
0.1	0.96
0.2	0.91
0.3	0.87
0.4	0.83

Sicer pa se prisotnost dušika pri konstantnem procentu  $NH_3$  s temperaturo precej zmanjšuje:

Pri 1 % $NH_3$ —	temperatura	% N
800 °C	—	0.35 %
850 °C	—	0.2 %
900 °C	—	0.15 %
930 °C	—	0.1 %

Svoj vpliv na celotno razdelitev in količino N imajo pa tudi sama jekla in legirni elementi, ki v njih nastopajo.

### ZAKLJUČEK

V praksi se vedno bolj pojavljajo zahteve po utrjenih, proti obrabi odpornih površinah, posebno pri drobnih izdelkih.

Kot najboljši postopek za take utrditve se je pokazalo karbonitriranje pri temperaturi 860 °C in mešanici plinov propan ali zemeljski plin, ki pa ima kot dodatek do 2.5 % amoniaka.

Če je količina amoniaka prevelika, nam koncentracija dušika v površini tako naraste, da se začne izločati v molekularni obliki in ustvarja močno poroznost v površini. To pa pomeni, da je naša utrjena plast v zgornjem delu dokaj mehkejša in nima ustrezne obrabne odpornosti. Iz praktičnih podatkov in preiskav, ki so bile opravljene, sledi, da moramo upoštevati pri tem procesu poboljšanja:

- dodatek amoniaka,
- % dušika v površini in
- temperaturo, pri kateri proces teče.

### LITERATURA

- W. Evsell: ZWF, 72 (1977) 492—495 Mehrzweckkammerofen  
 R. Chatterje: Draht 29 (1979) 419—423 Dünnwandiger Teile  
 Preiskave: SŽ Veriga Lesce, Železarna Jesenice  
 Navodila: Ipsen