

## TEHNIČNE NOVICE

### Vpliv vodika na napetostne razpoke pri vijakih in verigah

F. Legat<sup>1</sup>

#### UVOD

Že več let se v Verigi intenzivno ukvarjamo s študijem in preiskavami vpliva vodika na mehanske lastnosti jekel z višjo trdnostjo.

V zadnjih letih se za verige in vezne elemente verižne opreme uporabljajo vedno bolj mikrolegirana jekla, za vijake pa srednjelegirana.

Zanimata nas dva problema:

— močno zmanjšanje raztezka na poboljšanih in nato galvansko pocinkanih verigah s trdnostjo prek 1200 N/mm<sup>2</sup>

— močno zmanjšanje zvojne in upogibne žilavosti pri karbonitriranih in pocinkanih vijakih, ki so izdelani iz jekel Č 1221 ali iz 15 MnNi.

Poleg omenjenih dveh problemov bi radi pojasnili tako imenovani zapoznani lom jekla, ki nastane zaradi napetostno inducirane segregacije vodika v jeklu. V praksi se pojavljajo občasni lomi na lokih za snežne verige, ki so iz jekla Č 1731, poboljšani na 1500 N/mm<sup>2</sup> in nato galvansko pocinkani.

Nismo preiskovali lomov z upočasnjenim nateznim preizkusom navodičenih preizkušancev iz naših jekel, ker je preiskava zelo dolgotrajna in primerna za inštitutsko obdelavo. Pri nas smo spremljali celoten tehnološki postopek izdelave po posameznih operacijah in skušali ugotoviti, katere operacije dajo, oziroma sproščajo največ vodika in kako bi ga znižali do nenevarne meje.

1. Zaradi aktualnosti se najprej nekoliko približje oglejmo vijake. Pri reklamacijah smo ugotovili, da je napetostna korozija povzročala škodo in prezgodnje lomele na vijakih, ki so bili poboljšani s cementacijo ali karbonitracijo ter nato galvansko pocinkani. Pri preiskavi prevlek smo srečali nanose niklja, kroma in kadmija pa tudi različne postopke, kot so:

inkromiranje

šerardiziranje in

toplo cinkanje, vendar je pri napaki največkrat udeležen cink in to nanešen z galvanskim načinom.

Ker ima vijak zapleteno geometrijsko obliko, so debeline nanosov kljub predpisanim tolerancam po DIN 267 različne. Kot priprava je obvezna čista metalna površina, kar dosežemo z luženjem v HCl.

Peskanje kot priprava površine tudi zaradi predpisane hrapavosti po DIN 267 ne pride v poštev. Čiščenje z luženjem pa že da prve dodatne količine vodika. To pomeni, da imajo vsi naši cementirani ali karbonitrirani vijaki (od 0,05 do 0,3 mm globine difuzijske plasti), ki se uporabljajo za fasade, različne montaže in za umetne plošče, že delno količino vodika, kar močno zmanjšuje lastnosti vijaka.

Napaka krhkosti pride še posebej močno do izraza pri avtomatskih montažnih linijah, kjer se vijaki pogosto lomijo ali se jim trgajo glave.

Pri samem procesu vodika ne moremo zaustaviti, zato mu moramo dati možnost, da iz izdelka zopet odide. Močan vpliv na ta izhod vodika ima debelina cinkove kožice in tudi njena strukturna zgradba. Lamelarna zgradba zrn je reden rezultat kislega postopka, zato je vodik težje izgnati kot pri cianidnem postopku, ki ima stebelasto zgradbo kristalov v kožici.

Ob teh spoznanjih se nam odpira nekaj vprašanj:

— Pogosteje uporabljati postopek fosfatiranja, še prej pa preveriti stanje vodika in njegovo odstranjevanje pri tem postopku?

— Ali je možno meriti razliko med H v kislem postopku in cianidnem postopku?

— Ali je 10 $\mu$  kožica še prepustna za vodik pri toplotni obdelavi, ki je namenjena odstranjevanju vodika iz izdelka?

— Kakšna je razlika pri različnih elektrolitih druge kovine?

Ta korozijska krhkost nastane:

— pri materialu z visoko trdnostjo in omejeno žilavostjo,

— kadar je element obremenjen na dinamične obremenitve,

— če okolica pri obdelavi daje na razpolago toliko vodika, da pride ta čez kritično mejo koncentracije,

— pri različnem temperaturnem področju uporabe.

Kritična trdnost:

V literaturi navajajo avtorji kot trdnostno mejo, pri kateri ta krhkost močneje nastopa, različne vrednosti. Prav nobene razlike ni, na kakšen način do te trdnosti pride-mo:

— s poboljšanjem ali

— s hladnim preoblikovanjem.

Po zadnjih ugotovitvah je ta meja 1000 N/mm<sup>2</sup>. Nad to vrednostjo se nevarnost risov močno povečuje. V praksi srečamo celo 1200 N/mm<sup>2</sup> kot kritično trdnostno mejo.

#### NASTANEK VODIKA PRI NAŠI TEHNOLOGIJI

Vodik je topen v jeklu. Je pa ta topnost odvisna od temperature in od samega sredstva. Pri naših izdelkih ga lahko dobimo:

— z jeklom od dobavitelja,

— s toplotno obdelavo,

— pri varjenju,

— luženju,

— katodnem razmaščevanju,

— fosfatiranju,

— pri galvanskih obdelavah in

— korozijskih reakcijah v uporabi.

<sup>1</sup> Franc Legat, dipl. ing. met., SŽ — Veriga Lesce, Lesce

Vsaka od operacij dviguje delež vodika tako, da končna galvanska obdelava gotovo preseže maksimalno dovoljeno mejo.

Pri naših karbonitriranih vijakih ali cementiranih verigah je od navedenih možnosti verjetnih vsaj 5 ali 6.

2. Posamezne pogosteje uporabljene operacije si bomo ogledali natančneje. Pri nas je to predvsem karbonitriranje.

Že pri proizvodnji jekla pride zaradi plinov do napetosti, ki pozneje povzročajo težave. Zaradi termičnega cepjenja in ioniziranja vode lahko dobimo do 30 mg H na kg železa. Ta vodik pa ostane med kristali pri kasnejšem hitrem ohlajanju.

Tudi pri toplotni obdelavi imamo na razpolago dokaj veliko količino vodika. Pri naši karbonitraciji je atmosfera sestavljena iz dušika, propana in amoniaka. Temperatura je navadno 860–880 °C.

Nad 750 °C propan razpade v ogljikov monoksid in vodik. Prav tako razpade tudi amoniak. Na ta način dobimo plinsko mešanico z 20 % CO, 40 % H<sub>2</sub>, sledove O<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> in kot ostanek dušik. Vodika je torej dovolj in ima naslednjo pot:

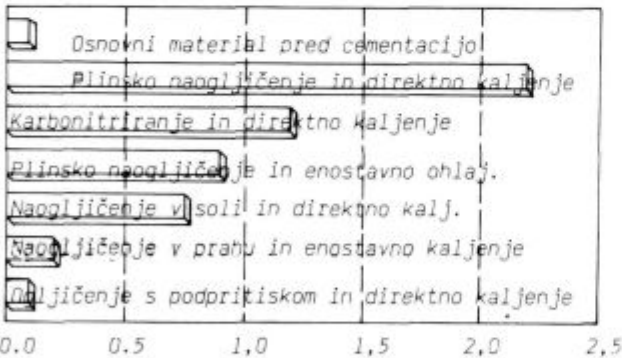
- transport plinskih molekul do metalne površine in nato sledi fizikalna adsorpcija,
- disociacija plinskih molekul in tvorba atomov,
- prehod atomov skozi metalno površino in
- difuzija atomov v kristalno mrežo.

Pri razplinjanju teče ta reakcija v obratni smeri. Očiščena površina in predhodna plastična deformacija difuzijo H pospešujeta, prisotnost CO pa proces zavira.

Na drugi strani pa tudi plinska mešanica reagira s površino obdelovanca, jo razogljčuje, pri tem pa nastaja CH<sub>4</sub>. Tudi umazana ali namaščena površina povečujeta ponudbo vodika.

Danes še ni natančno ugotovljeno, koliko H sprošča ta proces in literatura navaja, da dobimo do 2 µg H/g železa pri karbonitraciji, vendar ga pri popuščanju na zraku 60 % izgubimo.

**Slika 1** kaže vpliv postopkov ogličenja na količino sproščenega vodika.



**Slika 1**

Pri naših vijakih je po karbonitraciji trdota površine med 730 in 810 HV, v jedru pa 280–360 HV.

Po karbonitraciji smo naredili praktičen preizkus z vijaki.

Eno uro po popuščanju smo vijak uvili v pripravljeno izvrtino v 5 mm debelo pločevino. Vijaki so se masovno lomili. Isti postopek smo ponovili čez 200 ur in število slabih vijakov je bilo že manjše; po 450 urah pa nismo imeli več nobenega izmeta.

Ta preizkus kaže, da so bili vijaki takoj po toplotni obdelavi kritično nasičeni z H. Po skladiščenju na zraku

je vedno več vodika odšlo, zato so tudi vrednosti boljše. Seveda so bili vijaki še necinkani.

Še vedno nam ni popolnoma jasno, katera je kritična količina vodika. V praksi in literaturi se navaja ta H v različnih enotah:

- ppm H ali gH/g Fe pa tudi cm<sup>3</sup> H/100 G Fe
- po DIN 1 ppm H = 0,000001 gH/g Fe
- 1 µg H/g Fe = 0,000001 gH/g Fe
- 1 µg H/g Fe = 1,11 cm<sup>3</sup> H/g Fe

Kot meja se dostikrat omenja 1 do 49 · 10<sup>2</sup> µg H/g Fe, vendar je razlika nenormalno velika in tako praktično neuporabna. Tako je do danes meja še vedno neznan in jo je potrebno s preiskavami še določiti.

Za visokoodporne verige za dvigala po DIN 5684, ki so bile tudi površinsko utrjene in zato galvansko pocinkane, smo naredili nekaj preizkusov v domači galvaniki, vzporedni preizkus pa še v Kemični tovarni v Podnartu.

Na osnovi praktičnih rezultatov smo sedaj osvojili naslednji postopek:

1. Razmaščevanje 80 °C 10' Degresin K 7029
2. Izpiranje v vodi
3. Jedkanje 20 °C 10' HCl 1:1 + Desox 329 K
4. Izpiranje v vodi
5. Razmaščevanje 40 °C 5' Desox II
6. Izpiranje v vodi
7. Dekapiranje 20 °C 1' H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> — 10 %
8. Izpiranje v vodi
9. Cinkanje 20 °C 24' Zinkolit AL 30 N
10. Izpiranje v vodi
11. Popuščanje 200 °C 120' Sušilnica
12. Ohlajanje
13. Aktiviranje 20 °C 1' HNO<sub>3</sub> — .5 %
14. Izpiranje v vodi
15. Pasiviranje 20 °C 0- Kromatin R 123
16. Izpiranje v vodi .5'
17. Utrjevanje 20 °C 1' Kromatin Z
18. Izpiranje v vodi
19. Sušenje

Po novem postopku je sušenje opravljeno pred pasiviranjem. To sušenje je pobojšalo raztezek, vendar so vrednosti zelo različne, nihajo in še niso zanesljive. Pri vijakih (poskusni vzorci) so bili rezultati boljši in pri uvijanju skoraj ni bilo lomov. Seveda ima na ta preizkus uvijanja odločilen vpliv jeklo in njegove lastnosti v končnem stanju. Zato tudi literatura mnogokrat priporoča, da se za vijake trdnostnih razredov 10.9 ali 12.9 uporablja jeklo, ki ima dobre duktilne sposobnosti in popuščno temperaturo okoli 500 °C. Sicer se priporočajo temperature segrevanja do 190 °C pa tudi do 220 °C. Vodik odhaja pri 200 °C desetkrat hitreje kot pri sobni temperaturi.

Toplotna obdelava za izločanje vodika mora slediti pocinkanju takoj (10 minut). Še vedno pa je nejasno, koliko se to segrevanje splača pri debelinah nad 5 mikronov. Od uporabnikov v proizvodnji dostikrat slišimo, da pri prevlekah debeline 7–10 mikronov posebnega učinka ne dosežemo.

To ugotovitev deloma potrjuje tudi naša pisana vrednost raztezkov pri verigah. Povedati je treba tudi, da se z daljšim časom segrevanja rezultati boljšajo in da danes segrevamo najmanj 2 uri.

## ZAKLJUČEK

Ker je uporaba površinsko galvansko zaščitene izdelkov vsakodnevna in bo tudi še ostala, je potrebno celoten pojav raziskati nekoliko bolj natančno. Prav zato smo se pri Metalurškem inštitutu v Ljubljani domenili za raziskovalno nalogo:

**Vpliv galvanske zaščite s pocinkanjem na deformabilnost verig, izdelanih iz mikrolegiranih jekel**

Rezultat preiskave nam bo dal določene usmeritve za spremembe postopkov, pa tudi za možno menjavo jekla.

Vrednosti bomo lahko uporabili tudi na vijačnem področju.

**LITERATURA**

DRAHT, 40, 9, 11

DRAHT, 41, 2, 3

Ule, Vodopivec, Vehovar, Kokalj, Pšeničnik, Hrnčič: Vodik in mehanske lastnosti jekel z visoko trdnostjo, Poročilo MI, Ljubljana

Galvanotechnik 3, 1990, 825—833