

# Popravilo z navarjanjem obrabljene transportne plošče

D. B. Novakovič, Železarna Ravne

## 1. Uvod

Obraba delovnih kovinskih površin je velik problem svetovnega gospodarstva in je prisotna v vseh industrijskih panogah. Danes se v svetu ocenjuje, da obraba delovnih površin stane ekonomsko vsako nacionalno gospodarstvo okrog 2% bruto nacionalnega dohodka. Izkušnje razvitega sveta kažejo, da se z reparaturnim navarjanjem lahko stroški zmanjšajo za 20%, kar predstavlja velik prihranek za vsako gospodarstvo.

Nekoč je bila reparatura last revnih dežel, danes pa se s tem ukvarja že več bogatih kot revnih.

Navarjanje se uporablja iz dveh razlogov:

- za ponovno dobivanje prvotne oblike kosa, ki se z obrabo nedovoljeno spremeni, kar velja za ta primer in
- navarjanje manjkajoče geometrije (krajših kosov, pokrivane površine za izravnave itd).

Transportna plošča (disk), izdelana iz orodne jeklene pločevine, se uporablja za končno mehansko obdelavo in sicer za obojestransko čelno brušenje valjastih kosov (magnetov). V tem primeru gre za velikoserijsko proizvodnjo z avtomatskim doziranjem. Zaradi dinamičnega procesa obdelave so se v kalibru diska stranski sedeži valjastega obdelovanca močno obrabili, kar je prikazano na **sliki 1**.

Z obrablenostjo v takšni stopnji je disk neuporaben za končno brušenje omenjenega izdelka. Neuporabni disk je povzročil enoletni zastoj stroja in proizvodnje edinega proizvajalca omenjenega izdelka v naši državi.

Proizvajalec magnetov je zamudil eno leto v iskanju ponudb za izdelavo novega diska v tujini in doma, kar kaže na neprofesionalno delo odgovorne nabavne službe. Uporabnik diska si je želel nadomestilo z novim diskom. Doma je obiskal tri domače renomirane firme in povsod so mu to zahtevo zavrnili kot nerešljiv problem. Na reparaturo z navarjanjem ni pomislil nihče.

## 2. Analiza razpoložljive tehnične dokumentacije

Pri pregledu priložene tehnične dokumentacije smo ugotovili, da z našo opremo ne moremo izdelati takega novega diska zaradi njegove velikosti. Disk zahodnonemške proizvodnje, izdelan iz valjane jeklene pločevine po DIN 17350 kvalitete 80CrV2 (W, Nr. 2235), kar najbolj ustreza domači jekleni valjani pločevini Železarne Jesenice kvalitete Č 4844. Disk je v celoti klasično kaljen v olju na trdoto 60 HRC<sup>2</sup>. Primerjava kemijske sestave osnovnega materiala diska z domačo jekleno pločevino Železarne Jesenice je podana v **tabeli 1**.

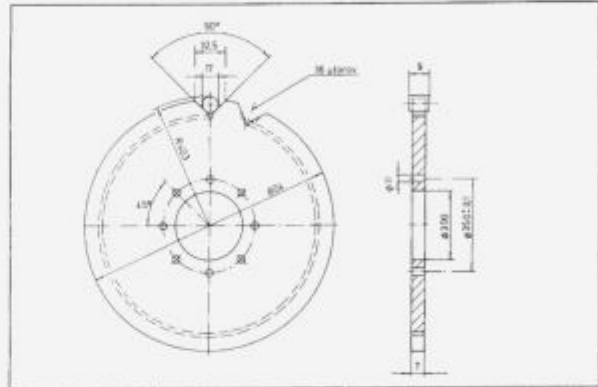
Kemični elementi			C	S	Si	Cr	Mn	V	P
Oznaka jekla	DIN 17350	80 CrV2	0,75	≤	0,25	0,40	0,30	0,15	≤
	Werkstoff	W1 2235	0,85	0,03	0,40	0,70	0,50	0,25	0,03
	AUS	—	Č 4844	0,75	≤	0,25	0,50	0,50	0,15
			0,85	0,01	0,35	0,60	0,60	0,20	0,01

Tabela 1. Oznaka jekla in kemična sestava v mas. %

### Vizualni pregled dejanske stopnje poškodbe diska

Z vizualnim pregledom stopnje obrablenosti in eventualnih razpok na kalibrnih in ravnosti diska smo ugotovili, da je obrablenost zelo visoka. Ker nismo bili zmožni izdelati novega, kar si je uporabnik želel in da bi mu pomagali v brezizhodnih težavah, smo se odločili za poskus reparaturnega navarjanja obrablenega diska z ročnim elektroobločnim postopkom navar-

janja z oplasčeno elektrodo. Tako smo se odločili kljub temu, da nam je znano, da je navarjanje orodnih jekel veliko tveganje, posebej kaljenih, uspeh pa je zelo vprašljivo. Pomislek je bil glede na kvaliteto jekla (ni priporočljivo varjenje, a hud problem nas je silil v poskus navarjanja), dimenzijsko nesorazmerje (premer, debelina) trdoto in vrsto toplotne obdelave ter neizogibno veliko krivljenje. Po vizualni kontroli diska na prisotnost razpok v kalibrnih smo ugotovili, da je bil disk brez razpok in s popolno ravnostjo.



Slika 1. Transportni disk z obrabljenimi kalibri

### Kontrola trdote obrablenega diska

Izmerili smo trdoto diska na nekaj mestih po premeru od zunanega roba proti središču. Pri teh meritvah smo namerili trdoto 48-50 HRC, kar je zelo odstopalo od zahtev, torej so bila odstopanja za celih 10 HRC. Za to sta lahko dva vzroka:

- brušenje z nezadostnim hlajenjem,
- brušenje na suho (kar je še slabše).

V prvem in drugem primeru so z diskom ravnali nestrokovno v eksploataciji, pri čemer je prišlo do popuščanega efekta, posledica pa je drastičen padec trdote.

## 3. Tehnologija popravila diska

### Izbira postopka navarjanja

Oblika diska, mesto obrablenosti, število kosov (en kos) diska in razpoložljiva aparatura so pogojevali primeren postopek ročnega elektroobločnega navarjanja z oplasčeno bazično elektrodo.

### Izbira dodatnega materiala

Dodatni material mora v tem primeru zadovoljiti zahteve glede trdote osnovnega materiala, ker ni možna kasnejša toplotna obdelava zato smo izbrali dodatni material, ki daje enako trdoto navarjenega dela, kot je zahtevano za osnovni material, brez dodatne toplotne obdelave.

### Navarjanje obrablenih kalibrov na disku

Ker gre za Cr-V-Mn nizkolegirano ogljično orodno jeklo z visokim odstotkom ogljika, ki ni primerno za ročno elektroobločno varjenje, pa tudi ne za drugi postopek, kjer se vrši taljenje osnovnega materiala. Teh jekel ne priporočamo, kjer je nujno varjenje.

Vendar so primeri, kjer se varjenju ni mogoče izogniti, kot je naš primer. Elektroobločno navarjanje je možno le pri določenih pogojih, pri katerih je vsekakor potrebno upoštevati naslednje tehnološke ukrepe:

- predgretje komada
- pravilno izbiro premera elektrode
- zaporedje navarjanja
- način ohlajanja po navarjanju itd.

Po končanem navarjanju se morajo navari toplotno obdelati in sicer napetostno žariti zaradi odprave notranjih napetosti. Varjenje orodnih jekel je veliko tveganje. Zato lahko rečemo, da je v praksi vsak zvar kompromis in vprašanje izvajanja minimalnega predgretja za preprečitev pojavov razpok v prehodni coni zvara in osnovnega materiala, krivljenja in deformacije kosov. Da bi zmanjšali vpliv teh negativnih pojavov, je koristno komade pred varjenjem predgreti vsaj malo nad premensko črto Ms. Šele takrat lahko pričakujemo s pravilno izbranim drugim vplivnim faktorjem uspešno varjenje.

#### Posredno predgretje diska s kondukcijo

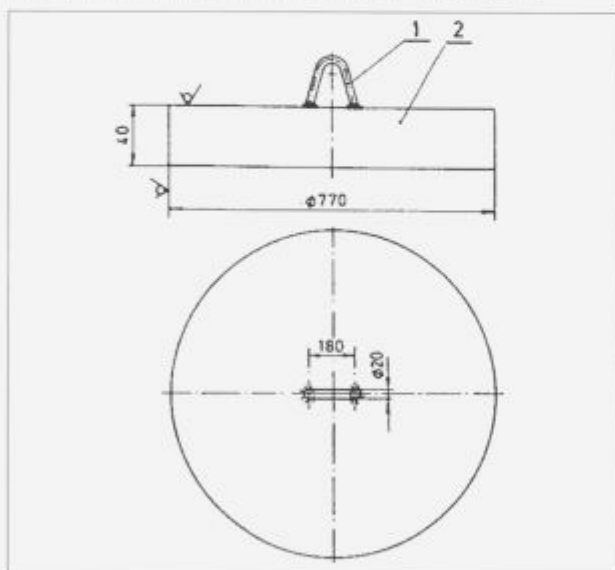
Ker diska ni bilo mogoče predgreti z nobenim neposrednim postopkom zaradi oblike in nesorazmerja dimenzij, smo se odločili za posredno predgretje, oziroma ogrevanje s prevajanjem toplote (kondukcijo). Za to ogrevanje smo morali izdelati podstavno ploščo (slika 2).

Ta plošča ima trojno nalogo:

- da omogoča popolnoma ravno ležanje diska med navarjanjem,
- da akumulira toplotno predgretje za disk s prevajanjem,
- da ohrani akumulirano toploto med navarjanjem diska.

#### Izdelava podstavne plošče za posredno predgretje diska

Za predgretje diska posredno s kondukcijo smo izdelali podstavno ploščo ("toplotni akumulator") iz valjane črne jeklene pločevine Č 0361 (slika 2 pozicija 2), iz trenutno razpoložljivih sekundarnih ostankov materiala za ravno ležanje diska.



Slika 2. Podstavna plošča diska v času navarjanja

#### Segretje podstavne plošče oziroma akumulatorja toplote

Podstavno ploščo smo segreli v globinski elektro peči na temperaturo 650°C (skupaj z drugim materialom, ki se je popuščal pri tej temperaturi). Nastavili smo ogreto ploščo na nosilec na delovni mizi, visoki 120 mm in jo zaščitili s toplotnim izolatorjem (azbestnim platnom), da bi preprečili velike izgube zaradi toplote radiacije v okolje. S tem smo omogočili ogrevanje vmesnega zraka med ploščo in mizo in ogrevanje delovne jeklene mize z radiacijo.

#### Predgretje diska za navarjanje

Ko je padla temperatura podstavne plošče na 350°C smo odstranili toplotni izolator, nastavili disk in vse prekrili s toplot-

nim izolatorjem. Počakali smo približno 10 min., da se je disk kondukcijsko predgrel od podstavne plošče in šele nato začeli z navarjanjem obrabljenih utorov (kalibrov).

#### Navarjanje obrabljenih kalibrov diska

Ko se je temperatura diska izenačila s temperaturo podstavne plošče, smo na disku, kjer smo hoteli navarjati, odstranili toplotno zaščito. Navarjali smo z izbrano elektrodo, predhodno sušeno 2 uri pri 250°C. Pri navarjanju je navarjeni del diska ležal čez rob podstavne plošče. Navarjali smo s presledkom v konstantnem ritmu brez odmora od začetka do konca navarjanja. Po vsakem navaru smo čistili žlindro z ročnim varilskim kladivom in jekleno krtačo, vizualno smo kontrolirali navar na eventualne razpoke. Navarjanje 36 kalibrov obrabljenega diska je bilo končano v 3 urah. Po končanem navarjanju obeh strani smo na disku kontrolirali temperaturo, ki je bila 145°C. Odstranili smo toplotni izolator in ohlajanje diska nadaljevali na mitem zraku do 100°C, potem pa na ravni podlagi. Praktično na disku ni bilo videti nobenih dimenzijskih sprememb (krivljenja).

#### 4. Mehanska obdelava navarov diska

Mehansko obdelavo so spremljale težave zaradi dimenzijske in profilne ("Y") izvedbe kalibrov diska.

Najprej smo ročno na grobo zbrusili s strani navarke, da bi disk lahko enakomerneje legel na strojno mizo za končno brušenje ploščin. Pri tem brušenju smo opazili minimalno deformacijo diska do 0,2 mm.

Brušenje kalibrov diska smo izvedli na drugem brusilnem stroju v horizontalnem položaju.

#### Vizualna kontrola navarjenega dela

Pri vizualnem pregledu končno zbrusena diska smo ugotovili, da so bili vsi navarki čisti, torej brez poroznih mest in razpok.

#### Kontrola trdote navara kalibrov

Na več mestih smo pomerili trdoto varov na kalibrih. Izmerjena trdota se je gibala v mejah 59-61 HRC in popolnoma ustreza zahtevi originalnega diska.

#### Obnašanje revitaliziranega diska

V eksploataciji je obnovljeni disk služil nekaj let. Bolj verjetno se je ukrivil zaradi zagozdenja obdelujočega komada, kot zaradi obrabe navarjenih kalibrov. Obnovljeni disk je bolj odporen proti obrabi kot novi disk. To je posledica kemične sestave elektrode, predvsem zaradi vsebnosti kroma, ki tvori karbide v mikrostrukturi navara. Le-ti dajejo visoko odpornost proti obrabi. V času uspešnega dela obnovljenega diska je uporabnik dobil že naročeni disk iz Frankfurta od iste firme kot prvotnega. V Železarni Ravne smo izdelali in poboljšali dva komada nosilnih diskov iz jeklene pločevine Č 1730 za vgrajevanje posebno izdelanih segmentov iz jekla Č 7680. V skromni delavnici dežurni ključavničar po potrebi zamenja enega ali več segmentov in če je potrebno tudi vse. Proizvodnja poteka brez zastoja. Tako nam ni več potreben zahodnoevropski dobavitelj tega vitalnega elementa v proizvodnem ciklu.

Nekoč nerešljiv problem je bil v celoti rešen doma v 4 dneh, lahko pa bi bil rešen celo v 2 dneh.

#### 5. Zaključek

Ročno elektroobločno navarjanje je močno orodje v rokah strokovnjaka za varjenje v intervencijah za podaljšanje življenjske dobe vitalnih strojnih elementov in orodja.

Ta primer je šolski primer opravičila reparature. Reparatura je opravljena v 4 dneh, zastoj stroja je bil leto dni. S tem primerom je odpravljen tudi laični sum v opravičilo reparature.

Problem krivljenja diska v času navarjanja smo preprečili s postopkom predgretja (kar je najpomembnejše v tem primeru), z izbiro elektrode, zaporedjem navarjanja, načinom ohlajanja po končanem navarjanju, itd. Ideja pri reparaturi je posebnega pomena zaradi različnih problemov, ki se tu pojavljajo. Problemi so zmeraj novi, ustrezno z njimi morajo biti nove tudi ideje.

Ekonomski efekti sanacije diska niso le v 12.000 DEM, kolikor je stal novi disk, cena kompletne reparature je bila približno 10% od cene novega diska. Pomen je viden v enoletnem zastoju proizvodnje in neizpolnjenimi obveznostmi do kupcev oziroma kooperantov. Tudi ekološki efekti so pomembni v tem času, saj je svet postal velika plinska komora. Ta primer naj nas opozori da, ko se znajdemo v stiski, je možnost rešitve problema z varjenjem. Variilske možnosti so še neizčrpane oziroma neznane, saj pogosto sam pojav problema rodi idejo za njegovo rešitev. Z nobeno drugo tehnologijo ne bi tako hitro usposobili proizvodnje kot z navarjanjem (ročni elektroobložni postopek z oplasčeno elektrodo). Zaradi vsakodnevne odmetavanja strojnih delov in orodja, ki bi jih lahko strokovnjaki reparirali, nastaja velika škoda. S tem izgubljam o čisti dohodek.

Za svoje vsakodnevne potrebe v reparaturi, bi morali bolj izkoriščati lastno znanje in možnosti v Železarni Ravne.

#### Literatura

1. Trifunović, B.: Standardni alatni čelici "Tehnopromet", Beograd, 1954
2. Manojlović, B.: Mašinski materijali II, Mašinski fakultet, Beograd, 1983
3. Stanković, V.: Mašinski materijali sa termičkom obradom VTMS, Novi Sad, 1969
4. Katalog, Toplo valjani limovi, Slovenske železarne, Železarna Jesenice, Jesenice, 1980
5. Katalog, Dodajni materiali za talilno varjenje, Slovenske železarne, Železarna Jesenice, Jesenice, 1982
6. Grešovnik, F.: Osnovni principi toplotne obdelave jekla, Slovenske železarne, Železarna Ravne, Ravne, 1985
7. Novaković, D.: Tehnološko-kontrolni predpisi za reparaturno navarjanje, Slovenske železarne, Železarna Ravne, Ravne, 1984