

PROMJENA MEHANIČKIH SVOJSTAVA MATERIJALA PRI KOVANJU DIJELA UPRAVLJAČKOG MEHANIZMA VOZILA

CHANGING THE MECHANICAL PROPERTIES OF MATERIALS BY FORGING OF PART OF VEHICLE'S STEERING MECHANISM

Goran Heffer, Marko Puškarić, Ivan Plaščak

Prethodno priopćenje

Sažetak: Upravljački mehanizam jedan je od najvažnijih sustava na vozilima. S obzirom na njegovu važnost u pogledu cjelokupne sigurnosti vozila, posebna pozornost tijekom izrade dijelova mehanizma posvećuje se izboru materijala i odgovarajuće tehnologije. Određeni dijelovi upravljačkog mehanizma vozila izrađuju se tehnologijom kovanja u više tehnoloških faza. Karakteristični predstavnik takvih dijelova je krajnik spone. Prilikom kovanja u pojedinim fazama se mijenja mikrostruktura materijala, a time i mehaničkim svojstvima materijala izratka. Rad prikazuje navedene promjene na primjeru promjene tvrdoće, utvrđene mjerenjem na površini i u karakterističnom presjeku izratka.

Ključne riječi: mehanička svojstva, tvrdoća materijala, kovanje, upravljački mehanizam vozila

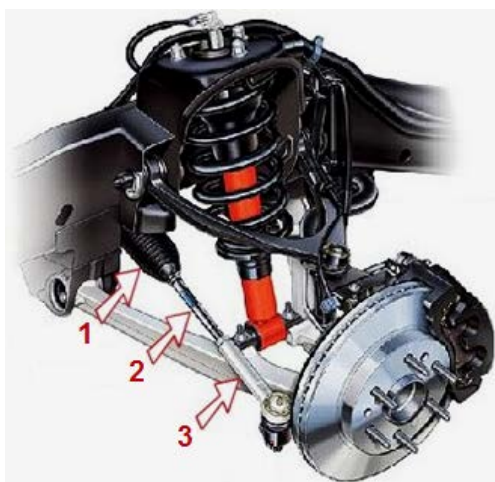
Preliminary notes

Abstract: Steering mechanism is one of the most important systems on vehicles. Due to its importance in terms of overall vehicle safety, special attention is given to material selection and appropriate technology during the development of parts of the mechanism. Certain parts of the vehicle's steering mechanism are made by forging technology in several technological phases. A typical representative of such parts is the track (tie) rod. During the forging in particular phases the microstructure of the material is changing, and thus the mechanical properties of materials of the workpiece. This paper presents these changes through the changes in hardness, determined by measuring on the surface and in typical cross-section of the workpiece.

Key words: mechanical properties, hardness of material, forging, vehicle's steering mechanism

1. UVOD

Upravljački mehanizam jedan je od najvažnijih sustava motornih vozila, koji omogućuje upravljanje vozilom i vožnju u željenom pravcu [1]. On objedinjuje više dijelova, što se vidi na slici 1, pri čemu su najvažniji letva upravljača (1), spona (2) i krajnik spone (3).



Slika 1. Dijelovi upravljačkog mehanizma vozila [2]

Krajnik spone i spona najviše su opterećeni dijelovi upravljačkog mehanizma, budući da su tijekom vožnje najviše izloženi vibracijama i udarcima koje prihvaćaju s kotača i prenose ih na ostatak sustava.

Zbog značaja za aktivnu sigurnost vozila, propustima u izradi ili ugradnji dijelova upravljačkog mehanizma mogu nastati problemi tijekom vožnje, koji uglavnom rezultiraju gubitkom kontrole nad vozilom i prometnom nezgodom, čime se ugrožava sigurnost vozila, putnika i prevoženog tereta. To se prvenstveno odnosi na izbor odgovarajućeg materijala i tehnologiju izrade dijelova.

Dijelovi upravljačkog mehanizma uglavnom se izrađuju od kvalitetnih čelika [3], primjenom tehnologije višefaznog kovanja u kovačkim alatima (ukovnjima).

Tijekom pojedinih faza kovanja dolazi do promjena u mikrostrukturi materijala izratka, čime se mijenjaju i njegova mehanička svojstva – tvrdoća, čvrstoća, itd. [4].

Neke od promjena u materijalu mogu se relativno jednostavno utvrditi mjerenjem na uzorcima, izrađenim od izradaka u pojedinim fazama kovanja. Pri tome se najjednostavnije može utvrditi i pratiti promjena tvrdoće materijala, kako na površini izratka tako i u njegovim presjecima na mjestima bitne promjene oblika izratka.

Praćenje promjena u materijalu provodi se kao oblik kontrole pravilnog izvođenja tehnološkog postupka.

2. EKSPERIMENTALNI DIO

Kao predstavnik dijelova upravljačkog sustava na kome je proveden eksperimentalni dio rada, mjerenjem tvrdoće, izabran je krajnik spone, prikazan na slici 2.



Slika 2. Krajnik spone

Materijal od kojega se izrađuje krajnik spone je čelična šipka $\varnothing 32 \times 128$ mm, koja se naziva *sirovac*.

U proizvodnji otkivaka poput krajnika spone koristi se čelik poznate i zajamčene kvalitete.

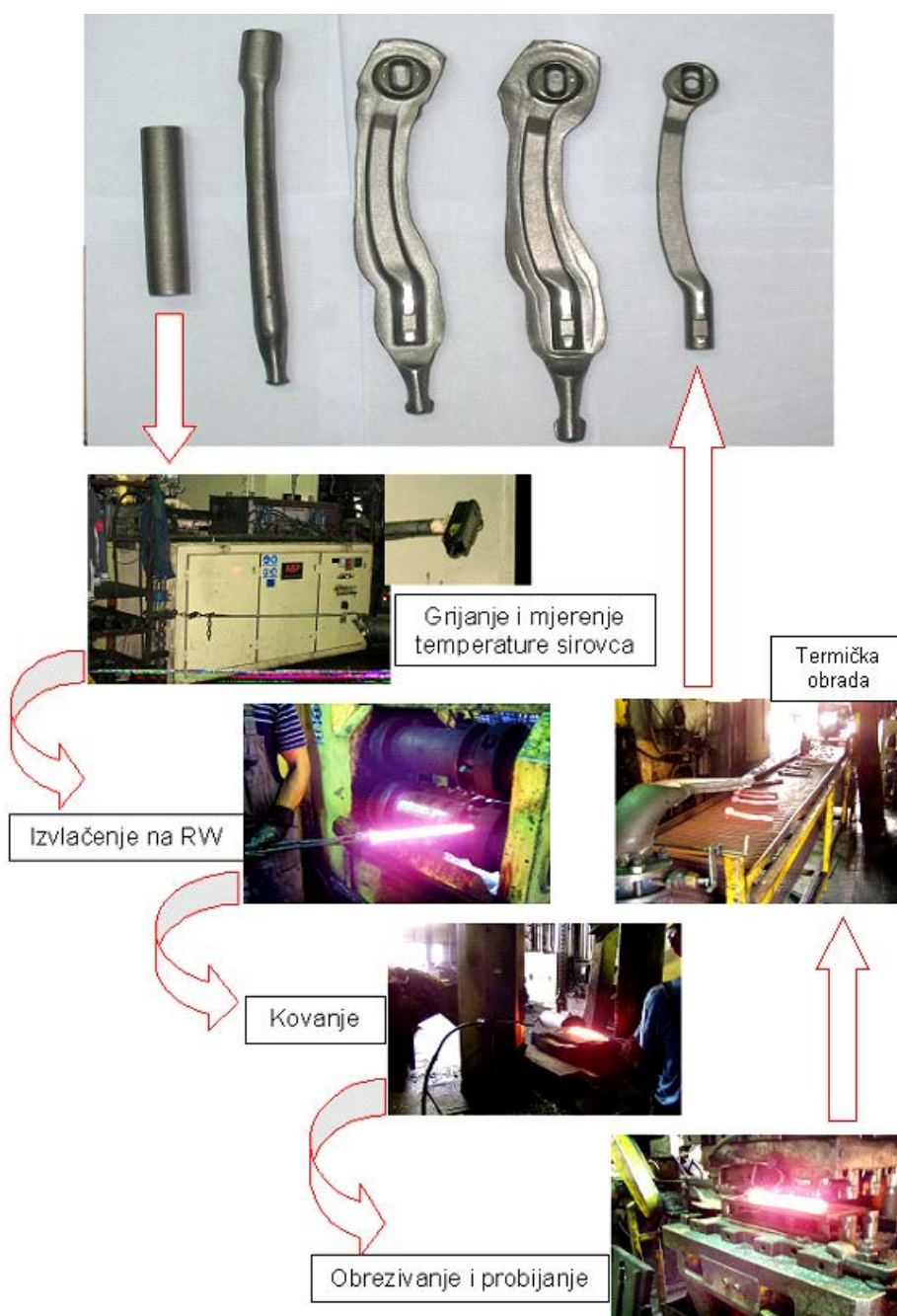
Proizvođač čelika je dužan pri isporuci priložiti kupcu odgovarajući atest isporučenog materijala. To je dokument kojim se jamči ispravnost čelika, te iz kojega se mogu vidjeti njegova svojstva, kemijski sastav i obavljena ispitivanja.

U prikazanom slučaju koristi se mikrolegirani čelik 30MnVS6, kemijskog sastava prikazanog u tablici 1.

Tablica 1. Sastav mikrolegiranog čelika [5]

C	Si	Mn	Cr	Ni	V	Mo
0,31	0,57	1,44	0,17	0,07	0,09	0,02
Al	Cu	Ti	B	N	S	P
0,025	0,12	0,029	0,0008	0,017	0,06	0,017

Tehnologija kovanja krajnika spone sastoji se iz više faza, kao što je prikazano na slici 3.



Slika 3. Tehnologija kovanja krajnika spone

Prikazane tehnološke faze kovanja i uređaji na kojima se izvode su:

1. grijanje sirovca i mjerenje temperature – indukcijska peć,
2. izvlačenje sirovca na potrebnu dužinu otkivka – posebni kovački stroj (RW - *rekvalica*)
3. kovanje otkivka u dvije faze (predoblik i gotovi oblik) – kovački bat,
4. obrezivanje otkivka i probijanje rupa na otkivku – ekscentar preša,
5. termička obrada otkivka – kontrolirano hlađenje na žičanom transporteru.

U svakoj od opisanih tehnoloških faza nastaje izradak koji je definiran oblikom gravure u ukovnju.

Praćenje promjene tvrdoće provedeno je mjerenjem tvrdoće na površini izratka iz pojedine tehnološke faze, prema planu mjesta mjerenja, prikazanom na slici 4.



Slika 4. Mjesta mjerenja tvrdoće izradaka

Tvrdoća izradaka mjerena je metodom Brinell, na mjernom uređaju sa slijedećim parametrima mjerenja:

- utiskivač tvrdomjera – čelična kuglica \varnothing 5,0 mm;
- sila utiskivanja kuglice – 7355 N.

Osim na površini, tvrdoća je izmjerena i u presjecima izradaka koji su dobiveni njihovim presijecanjem na svim prikazanim mjestima mjerenja. Time se dobila potpunija slika promjene tvrdoće materijala u svim tehnološkim fazama kovanja.

Tvrdoća na presjecima izradaka također je mjerena metodom Brinell, pri čemu su parametri mjerenja na uređaju bili slijedeći:

- utiskivač tvrdomjera – čelična kuglica \varnothing 2,5 mm;
- sila utiskivanja kuglice – 1837,5 N.

Postupak kovanja krajnika spone i sva mjerenja tvrdoće provedeni su u pogonu tvrtke „Unidal“ d.o.o. Vinkovci, u odjelima Kovačnice te Kontrole kakvoće proizvoda i proizvodnog procesa. Tvrtka proizvodi otkivke iz programa ovjesne i spojne opremu za sve vrste dalekovoda do 500 kV, elektrifikaciju željezničkih pruga, automobilsku industriju, te druge vrste otkivaka različitih namjena [6].

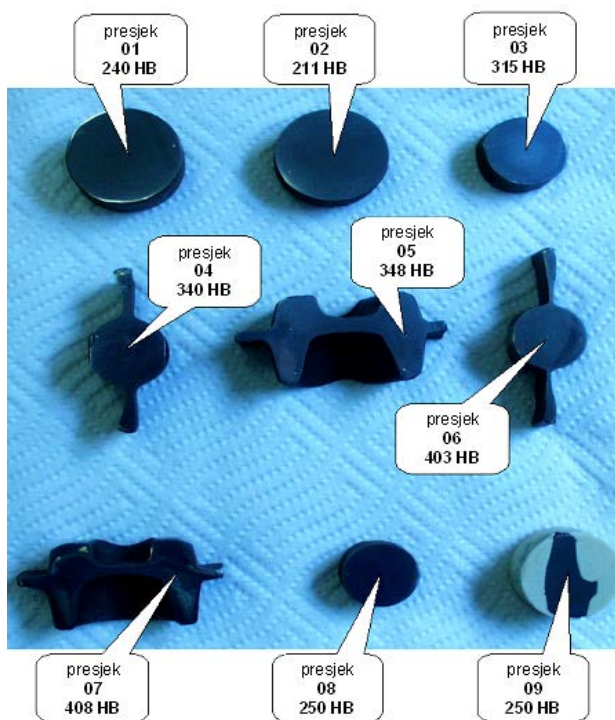
3. REZULTATI I RASPRAVA

Na površini izradaka u pojedinim fazama kovanja izmjerena je tvrdoća prikazana u tablici 2.

Tablica 2. Tvrdoća površine izratka u fazama kovanja

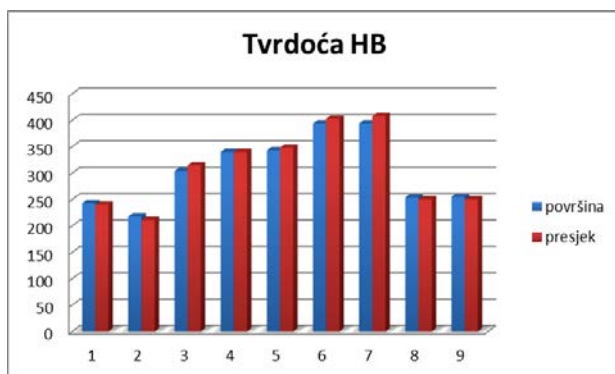
Mjesto mjerenja	Tvrdoća HB
1	243
2	218
3	304
4	340
5	343
6	394
7	394
8	254
9	255

Na istim mjestima izrađeni su i presjeci izradaka u kojima je izmjerena tvrdoća, što je prikazano na slici 5.



Slika 5. Tvrdoće u presjecima izradaka

Izmjerene vrijednosti tvrdoće na mjestima mjerenja mogu se usporediti, kao što se vidi grafikona na slici 6.



Slika 6. Usporedba tvrdoća na mjestima mjerenja

Iz dobivenih rezultata mjerenja evidentna je velika podudarnost između tvrdoća izmjerenih na površini i u presjeku izradaka na mjernim mjestima, što je pokazatelj homogenosti strukture materijala, dobivene kvalitetno izvedenim kovanjem u svim tehnološkim fazama.

Promjene tvrdoća na mjernim mjestima u pojedinim fazama obrade kovanjem nastale su zbog sljedećega:

- Tvrdoća na mjernom mjestu 1 (odrezani sirovac) predstavlja tvrdoću materijala u isporučenom stanju od strane proizvođača čelika. Riječ je perlitnom čeliku koji je, nakon obrade vučenjem u čeličani, termički obrađen postupkom normalizacije. To je termička obrada kojom se gotovi proizvodi (čelične šipke) jednolično zagrijavaju po čitavom obujmu te se nakon toga također jednolično ohlade na zraku.
- Tvrdoća na mjernom mjestu 2 smanjena je u odnosu na tvrdoću na mjestu 1. U tom dijelu izratka ostala je početna perlitna mikrostruktura, budući da isti nije obrađen nikakvom deformacijom. Zagrijavanjem cijelog izratka i njegovim sporim hlađenjem nakon obrade izvlačenjem, dio izratka s mjernim mjestom je u žarenom stanju, uslijed čega je omekšao u odnosu na početnu tvrdoću.
- Tvrdoće na mjernim mjestima 3, 4, 5, 6 i 7 nastale su zbog promjena mikrostrukture uslijed zagrijavanja, obrade deformacijom (kovanje) i bržeg hlađenja. Riječ je o mikrostrukturama martenzita i bainita koje nastaju u pojedinim fazama kovanja izratka.
- Tvrdoće na mjernim mjestima 8 i 9 predstavljaju tvrdoću materijala perlitne mikrostrukture u stanju nakon provedene termičke obrade gotovog izratka postupkom normalizacije.

4. ZAKLJUČAK

Provedeno istraživanje, mjerenjem tvrdoće izradaka u pojedinim fazama kovanja krajnika spone, kao tipičnog predstavnika dijelova upravljačkog mehanizma vozila, pokazalo je da se tijekom izvođenja tehnologije kovanja u materijalu izratka mijenjaju i mehaničkih svojstava materijala.

Do takve promjene dolazi zbog toga što se, uslijed toplinskih i mehaničkih uvjeta u kojima se odvija tehnologija, mijenja i mikrostruktura materijala.

U istraživanom slučaju kovanja krajnika spone, tijekom procesa obrade u materijalu nastaje nekoliko različitih tipova mikrostrukture – perlitna, martenzitna i bainitna mikrostruktura.

Da bi se točno definirale promjene mikrostrukture, te njihovo pridruživanje izmjerenim vrijednostima tvrdoća, potrebno je obaviti metalografsku analizu mikrostrukture kojom se može dobiti cjelokupna slika promjene stanja materijala pri obradi kovanjem odabranog predstavnika upravljačkog sustava.

5. LITERATURA

- [1] Popović, G.; Vadjon, V.: Tehnika motornih vozila, Hrvatska obrtnička komora i Pučko otvoreno učilište, Zagreb, 2004.

- [2] <http://www.2carpros.com/articles/how-car-steering-works> (dostupno 19.2.2014.)
- [3] Novosel, M.; Krumes, D.: Željezni materijali II – konstrukcijski čelici, Strojarski fakultet, Slavonski Brod, 1998.
- [4] Musafija, B.: Obrada metala plastičnom deformacijom, Svjetlost, Sarajevo, 1988.
- [5] Čeličana Štore, tehnička dokumentacija (atesti)
- [6] <http://www.dalekovod.hr/unidal.aspx> (dostupno 10.02.2014.)

Kontakt autora:

dr.sc. Goran Heffer, izv.prof.
Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku
Poljoprivredni fakultet Osijek
Kralja Petra Svačića 1d
31000 Osijek
e-mail: gheffer@pfos.hr

Marko Puškarić, ing.
„Unidal“ d.o.o.
Kneza Mislava 42
32100 Vinkovci
Tel: +385 32 323 999
Fax: +385 32 323 206

dr.sc. Ivan Plaščak, docent
Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku
Poljoprivredni fakultet Osijek
Kralja Petra Svačića 1d
31000 Osijek
e-mail: ivan.plascak@pfos.hr