

POBOLJŠANJE KVALITETA VALJANE ŽICE OD VISOKOUGLJENIČNOG ČELIKA SA KONTROLOM VRIJEDNOSTI C-EKVIVALENTA

QUALITY IMPROVEMENT OF ROLLED HIGH CARBON STEEL WIRE WITH C-EQUIVALENT VALUE CONTROL

A. Imamović, O. Kablar, M. Oruč, V. Purić, A. Gigović-Gekić
Metalurško-tehnološki fakultet Zenica, Univerzitet Zenica
Bosna i Hercegovina

REZIME

Čelik oznake C66D (prema EN) je visokouglenični čelik s poznatim hemijskim sastavom, koji se upotrebljava za različite svrhe a najčešće za proizvodnju žice namijenjene za vučenje. Osnovna karakteristika pri industrijskoj proizvodnji ovog čelika je postizanje odgovarajuće vrijednosti zatezne čvrstoće. Ta vrijednost se u proizvodnom ciklusu, postiže držanjem procenta mangana na približno gornjoj propisanoj granici prema standardu EN ISO 16120. Isto ima uticaj i na C-ekvivalent jer se i njegova vrijednost povećava s većim udjelom ugljika i mangana. Bitno je naglasiti da s povećanjem ovih vrijednosti treba voditi računa o duktilnim svojstvima čelika, koja ne bi trebala imati manje vrijednosti jer se procenat mangana drži u uskom rasponu ali u standardizovanim vrijednostima. Kontrolom sadržaja mangana u odnosu na dosadašnju proizvodnju, gdje je procenat mangana uglavnom oko srednje propisane vrijednosti, uz iste uslove proizvodnje, tj. valjanje, moguće je kontrolisati vrijednosti zatezne čvrstoće valjane žice. U ovom radu dat je prikaz poboljšanja kvaliteta valjanje žice sa kontrolom vrijednosti C-ekvivalenta, u industrijskim uslovima, što je od posebne važnosti kod proizvodnje ovog kvaliteta čelika.

Ključne riječi: visokouglenični čelik, valjana žica, uticaj mangana, zatezna čvrstoća, C-ekvivalent

ABSTRACT

Steel marked C66D (according to EN) is a high-carbon steel with a known chemical composition, which is used for various purposes and most often for the production of wire intended for drawing. The main characteristic in the industrial production of this steel is the achievement of the appropriate value of tensile strength. This value is achieved in the production cycle by keeping the percentage of manganese at approximately the upper prescribed limit according to EN ISO 16120. The same has an effect on the C-equivalent because its value increases with a higher proportion of carbon and manganese. It is important to emphasize that with the increase of these values, one should take into account the ductile properties of steel, which should not have lower values because the percentage of manganese is kept in a narrow range but in standardized values. By controlling the manganese content in relation to previous production, where the percentage of manganese is mostly around the

average prescribed value, with the same production conditions, ie rolling, it is possible to control the tensile strength values of the rolled wire. This paper presents an improvement in the quality of wire rolling with control of the value of C-equivalent, in industrial conditions, which is of particular importance in the production of this quality of steel.

Keywords: high carbon steel, rolled wire, manganese effect, tensile strength, C-equivalent

1. UVOD

Na Žičnoj valjaonici kompanije ArcelorMittal Zenica proizvode se različiti kvaliteti žice. Između ostalog veoma je aktuelna proizvodnja visokouglenične žice promjera $\phi 5,5$ mm, namijenjene za vučenje a koja se zatim koristi za proizvodnju opruga. Žica ovog promjera se proizvodi zagrijevom i valjanjem na Žičnoj valjaonici (Žičnoj pruzi) koja u svome završnom dijelu ima uređaj Stelmor za postizanje određene mikrostrukture žice a time i mehaničkih svojstava kontrolisanim hlađenjem.

Na mehanička svojstva i posebno zatezne karakteristike pored mikrostrukture ima i hemijski sastav polufabrikata za proizvodnju žice. Hemijski sastav je propisan standardom s rasponom vrijednosti za svaki element koji se kontroliše. U ovome radu daće se prikaz uticaja mangana i ugljika koji ulaze u proračun pri određivanju vrijednosti C-ekvivalenta i to pri kontroli posebno mangana koji se držao na gornjim propisanim vrijednostima. Na taj način je obezbijedeno postizanje minimalne vrijednosti zatezne čvrstoće od 1000 MPa, koja je propisana standardom [1].

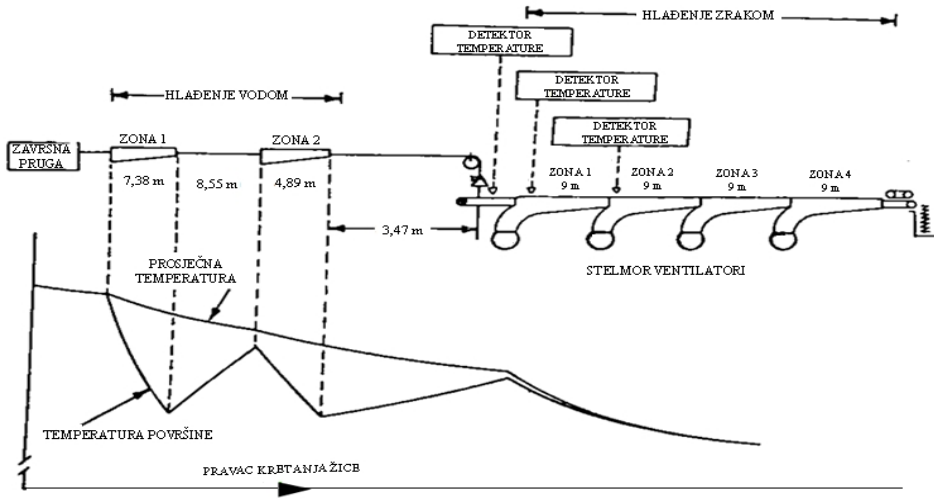
2. PROIZVODNJA ŽICE

Za proizvodnju valjane žice promjera $\phi 5,5$ mm i kvaliteta C66D, koristile su se kontinuirano livene gredice dimenzija 120x120x12000 mm s poznatim hemijskim sastavom koji odgovara navedenom kvalitetu čelika prema EN standardu. Gredice se prije valjanja zagrijavaju u koračnoj peći Žične valjaonice. Temperatura u zagrijevnoj zoni (zona zagrijavanja) peći je iznosila 860 °C, a u zoni izjednačavanja je iznosila 1160 °C. Odnos zraka i plina u zagrijevnoj zoni i zoni izjednačavanja je bio 1,1. Izmjerena atmosfera u dimnim plinovima bila je slijedeća: sadržaj O₂ je 2,4 %; sadržaj CO je 13 ppm i sadžaj CO₂ je 5%.

Nakon zagrijeva gredice su valjane prema planu provlaka Žične valjaonice na dimenziju $\phi 5,5$ mm. Žična valjaonica se sastoji od sedam valjačkih stanova na pretpruzi, osam valjačkih stanova na međupruzi i deset stanova na završnom bloku valjaonice (završnoj pruzi). Ukupan broj valjačkih stanova na Žičnoj valjaonici za proizvodnju žice dimenzije 5,5 mm je 25. Najvažniji dio ove valjaonice je završna pruga (Morgan blok) koja se nastavlja na dio gdje se odvija termička obrada, tzv. Stelmor postupak (eng. Stelmor process). Shema završne pruge (Žične valjaonice) sa Stelmor tretmanom data je na slici 1.

Termička obrada rađena postupkom Stelmor postupak obuhvata:

- hlađenje vodom sa dvije kutije za vodu. Nakon vodenog hlađenja temperatura žice iznosi 830 ± 10 °C, te slijedi transport žice, namotane u tzv. „šlinge“, na hlađenje zrakom;
- dodatno hlađenje zračnim ventilatorima .



Slika 1. Shema Stelmor procesa [2]

Primarna funkcija ovog postupka u proizvodnji visokougličnog čelika je kontrola brzine transformacije austenita u ferit / perlit i smanjenje temperature dovoljne za manipulaciju i zbijanje namotaja koji se slažu na transporteru. Uslovi hlađenja na transporteru moraju biti postavljeni tako da se postigne najveća moguća brzina hlađenja, a što se postiže uspostavljanjem tzv. „otvorenog prstena u prstenu“ u kombinaciji s dovoljnim brojem ventilatora za hlađenje velikog kapaciteta, slika 2.



Slika 2. Proces hlađenja namotaja na transporteru .

3. HEMIJSKI SASTAV

Uobičajeni hemijski sastav poluproizvoda, tj. gredica za proizvodnju viskougličnične žice oznake C66D u proizvodnim uslovima, prikazan je u tabeli 1.

Tabela 1. Hemijski sastav proizvedenih gredica s vrijednostima zatezne čvrstoće i Ceq

Gredica	C, %	Mn, %	Si, %	P, %	S, %	Ceq	Sr.vrijed. Rm, MPa
1	0,66	0,68	0,15	0,014	0,009	0,787	1009
2	0,67	0,68	0,17	0,015	0,005	0,791	1050
3	0,67	0,71	0,20	0,017	0,004	0,820	1059
4	0,65	0,66	0,12	0,018	0,003	0,769	959
5	0,65	0,67	0,12	0,019	0,003	0,774	969
6	0,65	0,69	0,14	0,022	0,002	0,781	1005

Ceq je izračunat prema jednačini [3]:

$$Ceq = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}, \% \quad \dots(1)$$

Radi poređenja navedenih rezultata u tabeli 1. u tabeli 2. su prikazane vrijednosti date standardom EN ISO 16120 za iste parametre.

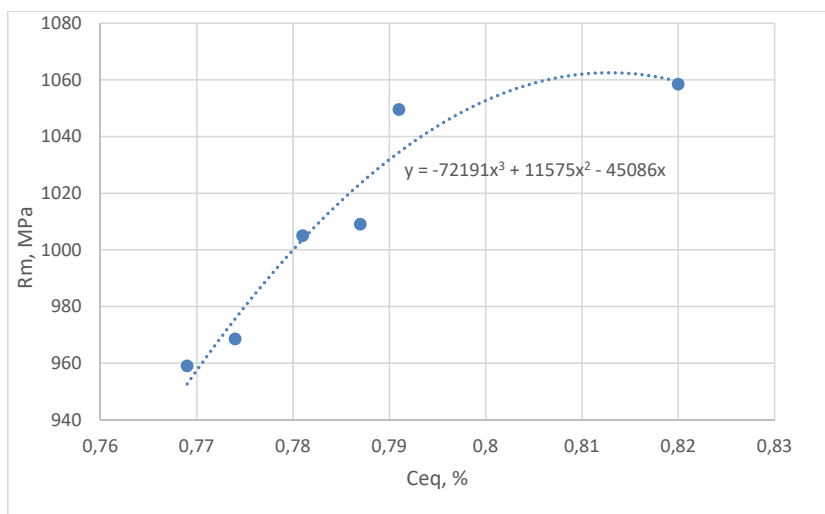
Tabela 2. Hemijski sastav i zatezna čvrstoća čelika C66D prema standardu EN ISO 16120 [4]

Standard	C,%	Mn,%	Si,%	P,%	S,%	Rm, MPa
EN ISO 16120	0,63-0,68	0,50-0,80	0,10-0,30	≤0,030	≤0,030	1000

4. ANALIZA REZULTATA

Analizom rezultata ispitivanja industrijskih talina datih u tabeli 1. može se primijetiti da su sve taline izrađene od kvalitetnog materijala visoke čistoće na šta ukazuju veoma niski sadržaji fosfora i posebno sumpora. Procenti ugljika se nalaze oko srednje propisane vrijednosti a procenti mangana variraju od srednje (0,66%) do povećane (0,71%) vrijednosti propisane standardom.

Analizom većeg broja industrijskih talina utvrđeno je da uz zadržavanje navedenih procenata ugljika i samo pri povećanim vrijednostima mangana u okviru propisanih, može se dobiti zatezna čvrstoća od minimalno 1000 MPa i time i veći Ceq. Zavisnost Ceq od procenta mangana može se predstaviti jednačinom trećeg stepena i dijagramom na slici 3.



Slika 3. Zavisnost zatezne čvrstoće od Ceq

Sa slike 3. se može primijetiti da samo kod Ceq većeg od 0,78 mogu se sa sigurnošću postići vrijednosti zatezne čvrstoće od minimalno 1000 MPa. Ta vrijednost odgovara minimalnom procentu mangana od 0,68% i ugljika od 0,66%. Sigurna vrijednost postizanja zatezne čvrstoće od 1000 MPa je ipak pri procentu mangana od 0,70%, kada procenat ugljika može biti i 0,65%.

5. ZAKLJUČCI

- Sa istim parametrima postupka hlađenja vodom i zrakom Stelmor termičkog tretmana, zatezna čvrstoća za različite vrijednosti Mn a time i Ceq bila je različita, tj. za 0,71% Mn (talina broj 3.) dobijena je vrijednost zatezne čvrstoće (Rm) od 1059 MPa, dok je zatezna čvrstoća za 0,66% Mn (talina broj 4.) iznosila 959 MPa. Za svaki 0,05% Mn zatezna čvrstoća je povećana za 100 MPa (ili više).
- Sadržaj ugljika također povećava zateznu čvrstoću te o njegovom procentu treba određivati i procent mangana. To također povećava i vrijednost Ceq jer oba navedena elementa direktno utiču na njegovu vrijednost.
- Najbolji hemijski sastav za čelik ovog kvaliteta pri opisanim uslovima proizvodnje je zadržati sadržaj C od 0,65% do 0,66% i sadržaj Mn od 0,68% do 0,69% kako bi se postigla zahtijevana (nominalna) zatezna čvrstoća.
- Poboljšanje kvaliteta valjanje žice od čelika C66D, prema EN10016-2, moguće je postići sa kontrolom vrijednosti Ceq te postići vrijednosti za zateznu čvrstoću (Rm) u toleranciji 1000 ± 50 MPa .

6. LITERATURA

- [1] feelsteel - ArcelorMittal Zenica
zenica.arcelormittal.com › Files › documents › Products (pristup: januar 2021.)
- [2] Žična valjaonica 3/UEC- Stelmor postupak – MORGAN CONSTRUCTION COMPANY- WORCESTER U.S.A- Februar 1977.
- [3] Welding Technology Information Center of The Japan Welding Engineering Society, 2002-2021 (http://www-it.jwes.or.jp/weld_simulator/en/cal1.jsp), (pristup februar 2021.)
- [4] EN ISO 16120:2017, Non-alloy steel wire rod for conversion to wire - Part 2: Specific requirements for general purpose wire rod (ISO 16120-2:2017)
- [5] Marković S.: Standardi za čelik, „Grafopan“ Export-import, Beograd, 1999.

