

Nerjavno jeklo za turbinske lopatice s 13% Cr

UDK: 669.14.018.8
ASM/SLA: SS-01

Bogdan Stocca

Preiskave plastičnosti jekla za turbinske lopatice s 13% Cr. Vplivi različnih vsebnosti C in Ni na strukturo. Preiskave torzije, kovnosti in mehanskih lastnosti pri temperaturah vroče predelave.

V eni od prejšnjih števil *Železarskega zbornika* smo objavili članek o preiskavah varjenja ter o mehanskih rezultatih, ki smo jih dosegli pri različno obdelanih variantah (različna vsebnost C in Ni) nerjavnega jekla za turbinske lopatice.

Te lopatice se običajno izdelujejo v litem stanju, ki prinaša s seboj številne težave, kot so mehurčavost, krivljenje pri varjenju itd.

Da bi vsaj del teh napak odpravili, smo prišli do zaključka, da bi se turbinske lopatice lahko izdelovale iz valjane pločevine. Seveda so se s tem pojavila številna vprašanja, kako izdelati in predvsem kako predelati omenjeno jeklo.

Poznano je, da že majhne količine ferita lahko kvarno vplivajo na plastičnost jekla pri temperaturah vročega preoblikovanja. Zaradi navedenega smo želeli pred praktičnimi preiskavami plastičnosti ugotoviti (pri raznih variantah) strukture v temperaturnem območju plastične predelave v vročem. V ta namen smo v VF peči vlili 5 kg bloke in te prekovali v preizkušance premera 16 mm za preiskave torzije in premera 10 mm za trgalne in za metalografske preiskave. Poleg navedenega smo vlili še konusne odlitke višine 50 mm za preiskave kovne sposobnosti.

Sestava elementov za posamezne variante je razvidna v navedeni tabeli I.

TABELA I:

Varianta	Kemična analiza v %							
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo
1	0,05	0,22	0,52	0,010	0,008	13,20	1,90	0,47
2	0,04	0,27	0,55	0,010	0,013	13,00	4,05	0,47
3	0,04	0,27	0,57	0,017	0,010	12,85	6,20	0,53
4	0,07	0,24	0,54	0,018	0,015	12,70	1,85	0,50
5	0,07	0,28	0,58	0,015	0,013	13,10	4,15	0,48
6	0,08	0,25	0,57	0,012	0,010	13,20	5,85	0,50

Določevanje ferita

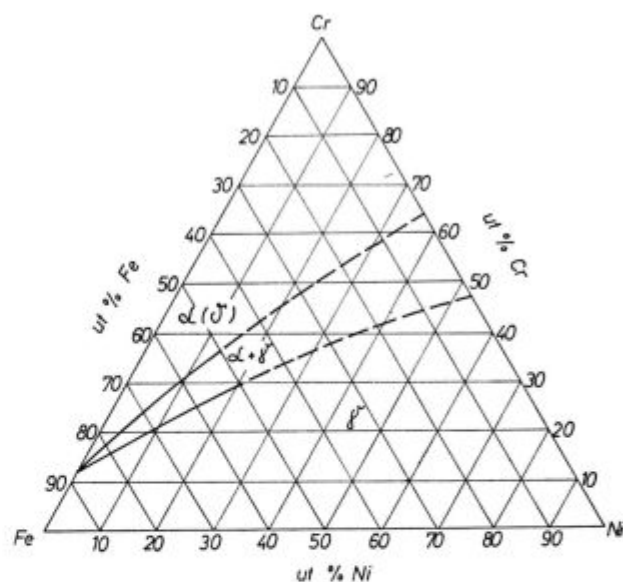
Prisotnost ferita smo skušali odkriti s fiksiranjem struktur. Vzorce smo s temperatur 1000–1100 in 1200°C ohladili v vodi. Ker v strukturah, ki

smo jih metalografsko analizirali, nismo mogli ugotoviti prisotnosti ferita, smo te preiskave opustili. Morebitno prisotnost ferita smo skušali dokazati s pomočjo ternernih diagramov.

Iz Fe-Cr-Ni diagrama (slika 1), ki nam prikazuje razporeditev posameznih faz v temperaturnem območju maksimalne vsebnosti avstenita, je razvidno, da se točke s 13% Cr in 2 in 4, oziroma 6% Ni nahajajo v γ strukturnem območju. Če upoštevamo še določeno vsebnost C in N v jeklu pa se vse te točke premaknejo še bolj v desno, to je globoko v avstenitno področje.

Enako potrditev smo našli tudi v Fe-Cr-Ni diagramu (0,1% C), v katerem so razvidne posamezne strukturne faze, ki so nastale po hitrem ohlajevanju iz temperatur maksimalne vsebnosti avstenita. Iz tega diagrama (slika 2) je razvidno, da se vse točke s 13% Cr in 2–4–6% Ni nahajajo v čistem martenzitnem področju.

Na osnovi navedenih ugotovitev smo sklepali, da predmetna jekla v temperaturnem območju 900–1300°C ne vsebujejo ferita, temveč čisto avstenitno fazo.

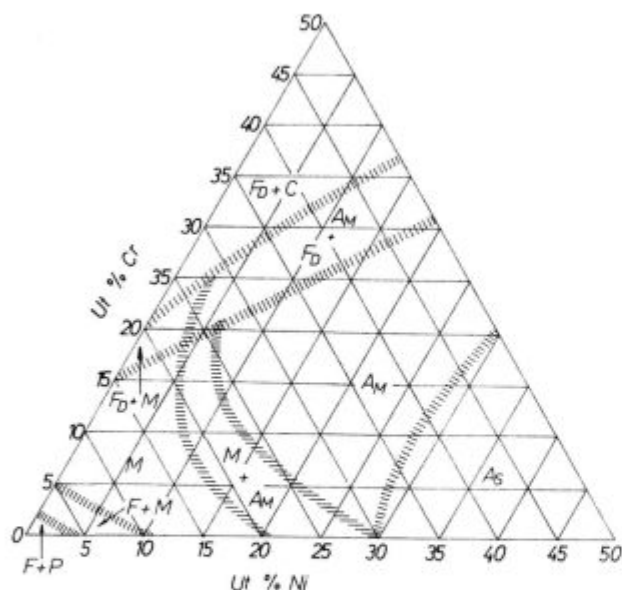


Slika 1:

Ternerni Fe-Cr-Ni diagram
Razporeditev faz v območju maksimalne vsebnosti avstenita (900–1300°C)

Fig. 1

Ternary Fe-Cr-Ni phase diagram
Distribution of phases in the region of maximal austenite content (900 to 1300°C)



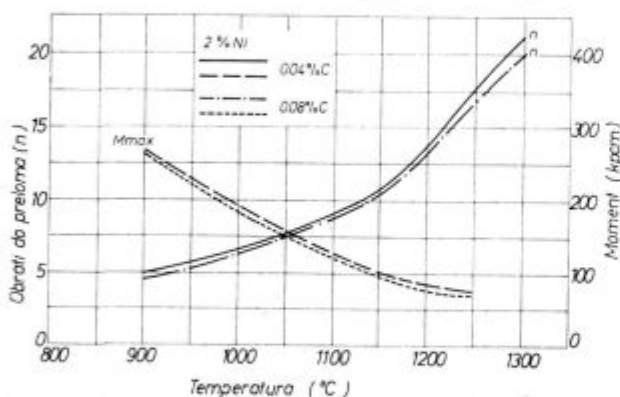
Slika 2:
Ternarni Fe-Cr-Ni (0,1 %) diagram
Razporeditev faz po hitrem ohlajanju iz temperatur maksimalne vsebnosti avstenita

Fig. 2
Ternary Fe-Cr-Ni (0.1 %) phase diagram
Distribution of phases after fast cooling from the temperatures of the maximal austenite content

Torzija in momenti

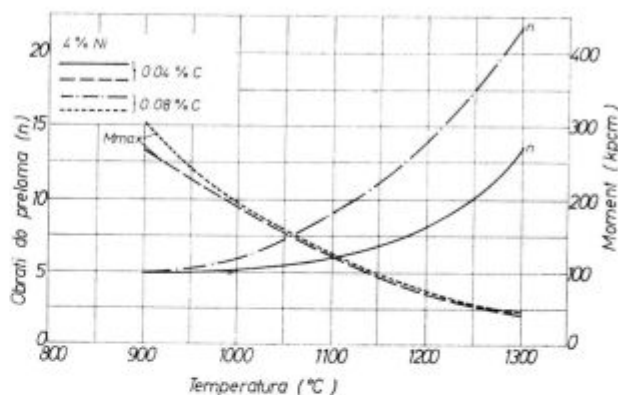
Preiskave torzije in momentov v vročem smo določevali na kovanih in naknadno mehansko obdelanih preizkušancih z delovnim premerom 9,5 mm in merilne dolžine 30 mm. Preiskave smo izvedli v temperaturnem območju 1300—900° C z 10 min. zadrževanju na predpisani temperaturi. Preizkus torzije smo izvedli pri 85 ob/min. Iz rezultatov, ki so podani na slikah 3, 4 in 5, je razvidno:

— da pri varianti z nizko vsebnostjo niklja ni bistvene razlike v vrednostih števila torzij in momentov glede na vsebnost ogljika in temperature

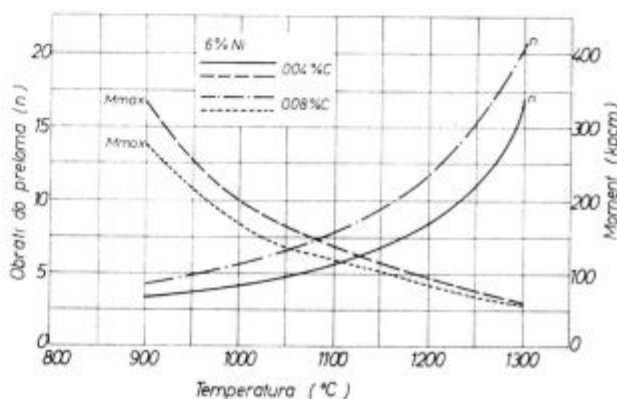


Slika 3:
Torzijski preizkus
Varianti 1 in 4

Fig. 3
Torsion test
Variants 1 and 4



Slika 4:
Torzijski preizkus
Varianti 2 in 5
Fig. 4
Torsion test
Variants 2 and 5



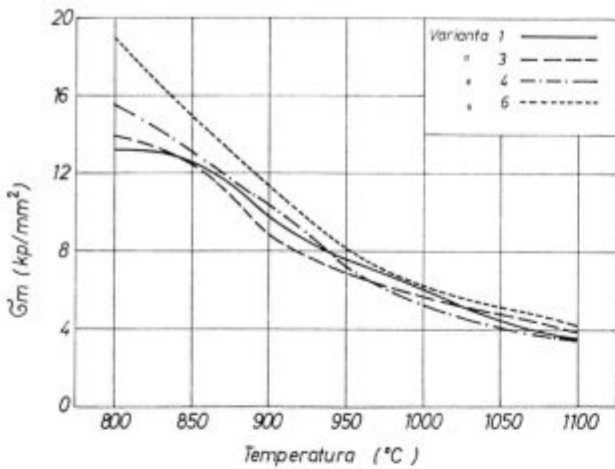
Slika 5:
Torzijski preizkus
Varianti 3 in 6
Fig. 6
Torsion test
Variants 3 and 6

— da je opazen vpliv ogljika na število obratov do porušitve pri saržah z višjo vsebnostjo niklja

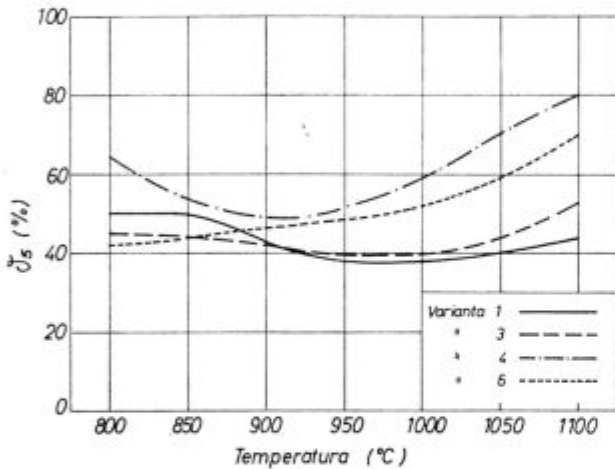
Mehanske lastnosti

Preiskave mehanskih lastnosti smo izdelali v temperaturnem intervalu od 800—1100° C, in to na saržah z nizko vsebnostjo ogljika in skrajnima vrednostma niklja (varianta 1 in 3) ter na saržah z višjo vsebnostjo ogljika in s skrajnima vsebnostima niklja (varianta 4 in 6).

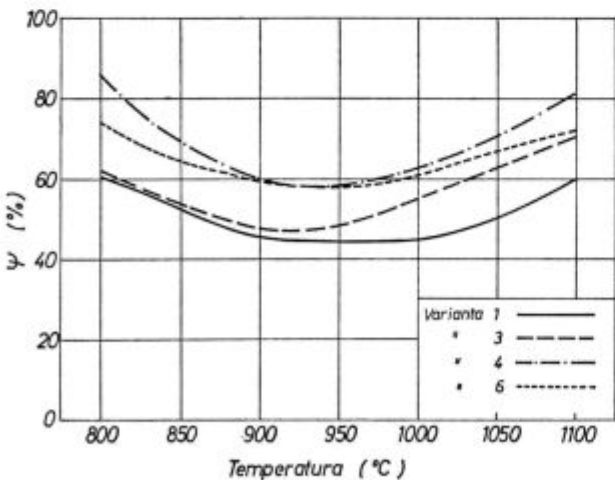
Iz kovanih palic, ki smo jih morali odžariti zaradi mehanske obdelave, smo izdelali mikrotrgalne preizkušance z navoji merne dolžine $l = 30$ mm in premera 4 mm. Trganje smo opravljali v uporovno segreti pečici, in sicer tako, da smo preizkušance držali 10 minut na temperaturi. Porušitve smo izvedli s hitrostjo 4,25 mm/min. Trgalne preizkuse smo izdelali v 3 paralelakah.



Slika 6:
Vrednosti trdnosti v temperaturnem intervalu 800–1100°C
Fig. 6
Strengths in the 800 to 1100°C interval



Slika 7:
Vrednosti raztezkov v temperaturnem intervalu 800–1100°C
Fig. 7
Elongations in the 800 to 1100°C interval



Slika 8:
Vrednosti kontrakcije v temperaturnem intervalu 800–1100°C
Fig. 8
Contractions in the 800 to 1100°C interval

Slike 6, 7 in 8 nam prikazujejo vrednosti za trdnost, raztezek in kontrakcijo v odvisnosti od temperature. Iz poteka krivulj bi lahko sklepali naslednje:

— pri nizkih temperaturah ima varianta 6 višjo trdnost, pri temperaturi nad 950°C pa razlike med posameznimi variantami izginejo;

— varianti z višjo vsebnostjo ogljika imata ne glede na vsebnost niklja višje vrednosti raztežka in kontrakcije od variant z nižjo vsebnostjo ogljika;

— pri saržah z enako vsebnostjo ogljika ni opazen vpliv niklja na mehanske lastnosti;

— najnižjo vrednost raztezkov in kontrakcije pri temperaturi nad 900°C ima varianta z nizko vsebnostjo ogljika (cca 0,04 %) in najnižjo vsebnostjo niklja (cca 2 %);

— vrednosti raztezkov in kontrakcije padajo do 900–950°C, nakar začenjajo ponovno naraščati.

Preiskave kovnosti

Poleg preiskav torzije in preiskav mehanskih lastnosti smo izdelali na vseh variantah še preiskave kovne sposobnosti, in to na odlitkih konusne oblike, katerim smo z brušenjem odstranili najbolj grobe površinske napake. Te konuse smo nato po 60-minutnem zadrževanju na temperaturah 1150 in 1250°C kovali tako, da smo izvedli cca 60 % redukcijo višine.

Z očno kontrolo smo ugotovili, da so imeli vzorci vseh variant lepe robove brez razpok, razen vzorcev variante 1, katerih robovi so bili rahlo razpokani.

ZAKLJUČEK

Iz preiskav torzij, mehanskih lastnosti, strukture in kovne sposobnosti bi lahko sklepali naslednje:

1. Število obratov do porušitve konstantno narašča z naraščajočo temperaturo, vendar je to naraščanje nad 1000–1100°C mnogo bolj rapidno, kar se ujema z rezultati mehanskih lastnosti.

2. Variante z višjo vsebnostjo ogljika (cca 0,08 %) imajo višje število obratov od variant z nižjo vsebnostjo ogljika (cca 0,04 %). To je posebno upadljivo pri variantah s 4, oziroma 6 % Ni.

3. Momenti konstantno padajo z naraščajočo temperaturo.

4. Vrednosti raztezkov in kontrakcije padajo do temperature 900–950°C, nakar začenjajo naraščati. Najnižje vrednosti sovpadajo s pričetkom močnejšega naraščanja števila obratov do porušitve.

5. Najvišje vrednosti raztezkov in kontrakcije smo opazili pri saržah z višjo vsebnostjo ogljika in najnižje pri saržah z nizko vsebnostjo ogljika in cca 2 % Ni.

6. Pri določevanju kovne sposobnosti smo ugotovili pri vzorcu s cca 2 % Ni in cca 0,04 % C rahle razpoke.

7. Kaže, da v področju vroče predelave ni feritne strukture.

Literatura

- Metal Handbook, 1948 Edition American society for metals
- B. Stocca, J. Mesec, Zelezarski zbornik 1977, 3, stran 153

ZUSAMMENFASSUNG

Um die Verformungsfähigkeit des Stahles mit 13 % Cr, welcher für die Herstellung der Turbinenschaufeln angewendet wird festzustellen sind bei der Temperatur der plastischen Verformung entsprechende Untersuchungen durchgeführt worden. Erstens Untersuchungen über die mögliche Anwesenheit des zweiphasigen auste-

nitisch-ferritischen Gefüges, die Warmtorsionsproben mit der Bestimmung der Umdrehungszahl und der Momente bis zum Bruch, und die Untersuchungen über die Schmiedbarkeit. Weiter sind die mechanischen Eigenschaften, die Festigkeit, die Dehnung und die Einschnürung im Temperaturbereich von 800—1100° C bestimmt worden.

SUMMARY

Suitable investigations in the temperature region of plastic working were made with 13 % Cr steel for turbine blades in order to determine its ability for deforming. Possible presence of two-phase austenite-ferrite structure

was checked. Number of revolutions and moments needed for fracture was measured, and forgeability was determined. Strength, elongations, and contractions were measured in the 800 to 1100° C range.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для того, чтобы определить деформируемость стали с 13 % Cr, предназначенной для изготовления турбин были при т-ах пластической переработки выполнены соответствующие исследования. Определяли возможность присутствия двухфазовой аустенитно-ферритной структуры. Выполнены испытания касающийся

числа оборотов и моментов до предела прочности на разрыв, а также исследования ковности стали.

Определяли значение для прочности, удлинение и сужение в т-ых пределах между 800—1100° C.

Odgovorni urednik: Jože Arh, dipl. inž. — Clani Jože Rodič, dipl. inž., Mirko Doberšek, dipl. inž., dr. Aleksander Kveder, dipl. inž., Edo Žagar, tehnični urednik

Oproščeno plačila prometnega davka na podlagi mnenja Izvršnega sveta SRS — sekretariat za informacije št. 421-1/72 od 23. 1. 1974

Naslov uredništva: ZPSZ — Zelezarna Jesenice, 64270 Jesenice, tel. št. 81-341 int. 880 — Tisk: GP »Gorenjski tisk«, Kranj