

## Razvoj tehnologije izdelave nerjavnih jekel v Železarni Jesenice od leta 1984 naprej\*

### Development of Production Technology for Stainless Steel in Jesenice Steelworks since 1984

J. Triplat, Železarna Jesenice

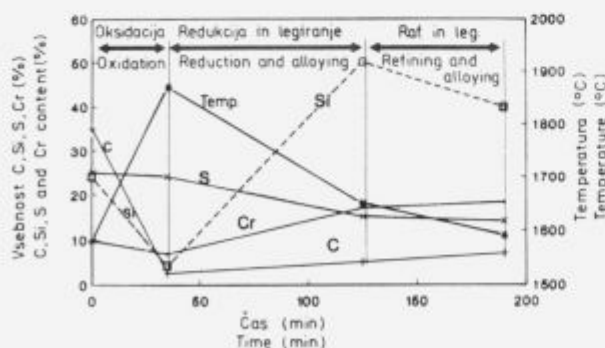
Železarna Jesenice je največji proizvajalec nerjavnih jekel v Sloveniji in Jugoslaviji. Prvi začetki proizvodnje nerjavnih jekel segajo že v povojna leta t.j. okoli leta 1946. Takratna proizvodnja je bila količinsko majhna, tehnološko pa je bila na razvojni stopnji, ki se močno razlikuje od današnje. Količine, ki so jih proizvajali so bile zelo majhne, kvalitetni asortiman pa podoben današnjemu. Z izgradnjo prve večje elektro obločne peči leta 1965 (ASEA) je bila dana možnost povečane proizvodnje nerjavnega jekla na Jesenicah.

Development of the production technology for stainless steel in Steelworks Jesenice since the introduction of VOD technology, i.e. since 1984 is described. First 65 ton VOD unit was installed 1984 in Steelworks 1. In 1987 new 95 ton VOD unit started in Steelworks 2 equipped with 90 ton UHP EBT arc furnace.

Old conventional EAF technology is compared with new duplex EAF-VOD technology which has given very good results.

Tehnologija izdelave nerjavnega jekla je bila v celoti izvedena v peči. Glavne tehnološke faze izdelave jekla so prikazane na sliki 1. Glavne pomanjkljivosti te tehnologije so bile:

1. velika poraba dragih surovin (FeCr aff)
2. težko in naporno delo
3. velika obraba ognjeodpornega materiala
4. zelo visoke temperature po oksidaciji v peči (do 1900°C)
5. zelo omejena možnost večje proizvodnje nerjavnih jekel zaradi zgoraj navedenih pomanjkljivosti.



Slika 1. Tehnološka pot peči—klasična tehnologija.

Figure 1. Conventional technology.

Ker je bilo tržišče nerjavnih jekel vedno zanimivo, smo želeli proizvodnjo povečati. Za izpolnitev tega cilja

\*Uredništvo ni pravočasno prejelo avtorjevih popravkov.

smo morali nujno modernizirati tehnološko opremo, to pomeni zgraditi modernejši agregat za proizvodnjo nerjavnih jekel. Priprave za investicijo so se pričele okoli leta 1980, investicija pa je pričela dajati prve rezultate 1984 leta. Pri odločitvi o izbiri opreme oz. postopka za proizvodnjo smo imeli na voljo dve varianti in sicer:

1. AOD konvertor
2. VOD postopek

AOD konvertor je zanesljivo najprimernejši agregat s stališča masovne proizvodnje nerjavnih jekel. Ima pa slabost, ki je bistveno vplivala na našo odločitev in sicer, da je možno izdelovati samo nerjavna jekla in to v velikih količinah.

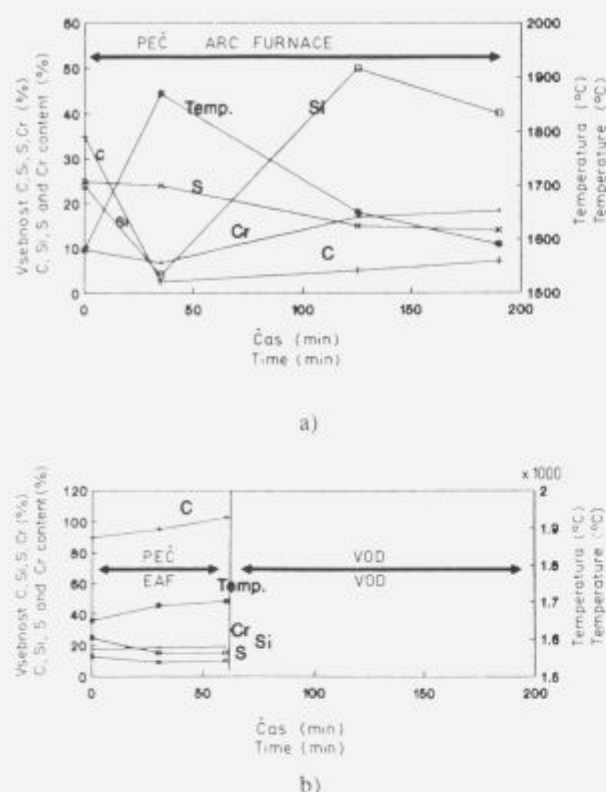
Proizvodni program Železarne Jesenice ni vezan samo na eno vejo proizvodnje in zato se je odločitev nagnila na stran VOD naprave. Torej leta 1984 je pričela v J1 z obratovanjem nova 65 t VOD naprava, ki je bila zgrajena po specifikaciji Standard Messo iz ZRN. Skupaj z izgradnjo naprave so nam omogočili tudi prenos tehnologije izdelave jekla, ki smo jo nekoliko prilagodili našim razmeram.

Z izgradnjo VOD naprave v J1 se je spremenila tudi tehnološka pot izdelave jekla v peči, kot primarnem agregatu. Bistvene spremembe so prikazane na sliki 2.

Tehnološke faze celotnega procesa izdelave jekla v peči in VOD so prikazane na sliki 3.

Z izgradnjo prve VOD naprave smo dosegli velik napredek pri proizvodnji nerjavnih jekel in sicer:

- mesečno je bilo možno proizvesti cca 2000 t nerjavnega jekla v kombinaciji z ostalim programom
- dolžina ene kampanje je znašala cca 10 šarž (prej 5)
- zmanjšala se je poraba dragega FeCr aff



Slika 2. Tehnološka pot peči. a) Klasična tehnologija. b) VOD tehnologija.

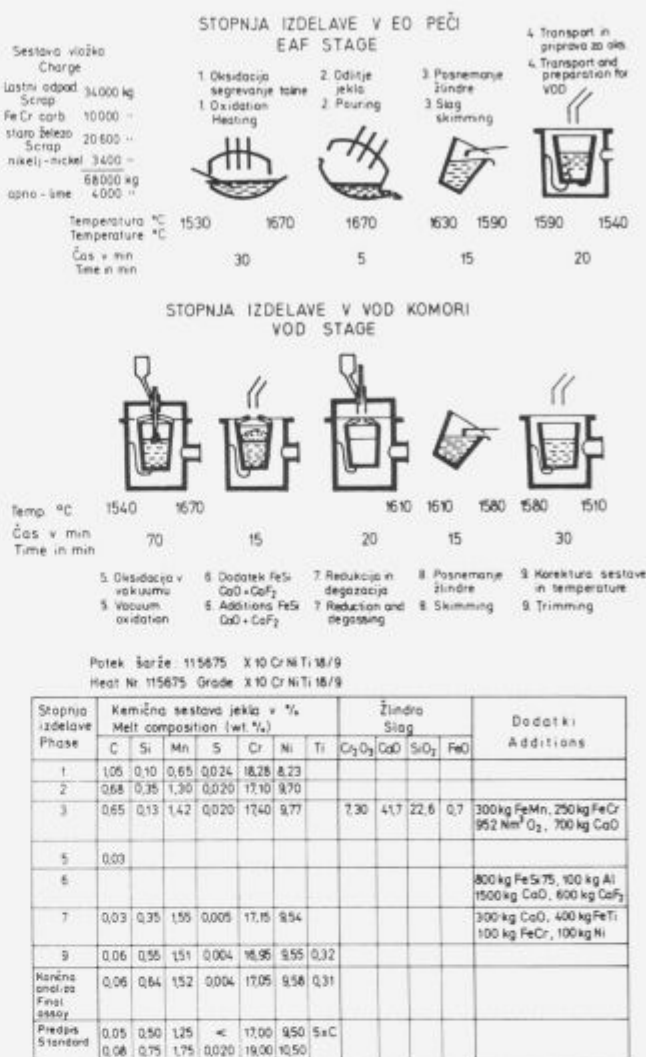
Figure 2. a) Conventional technology. b) EAF-VOD technology.

- dnevno je bilo možno proizvesti 4 do 5 talin nerjavnega jekla
- delo je bilo bistveno lažje
- kvaliteta izdelanega jekla je bila boljša
- imeli smo možnost proizvajati nekatere vrste jekel ki jih prej ni bilo možno (ELC, superferitna jekla).

Istočasno pa so se pokazale tudi nekatere slabosti, ki so omejevale nadaljni napredek in sicer:

- ker je VOD počasen agregat, je predstavljal oviro v smislu da z izgradnjo nove jeklarne ne bomo mogli izkoristiti prednosti, ki jih daje visoko produktivna UHP peč. Takoj se postavlja vprašanje smiselnosti in ekonomičnosti proizvodnje na peči, ki lahko proizvede 10 ali več talin navadnega jekla, če le ta proizvede npr. le 4 do 5 talin dnevno,
- tehnologija in delo v peči ni zagotavljala možnosti izdelave daljših kampanj nerjavnih jekel, ker je redno prihajalo do nalaganja oblog žlindre in jekla na stene peči. Volumen peči se je s tem tako zmanjševal, da je bilo nujno prekiniti z kampanjo nerjavnih jekel in peč oprati z navadnimi jekli. Tak način dela ima tako ekonomsko kot tehnološko veliko pomanjkljivosti, ki smo jih morali rešiti.

S pričetkom obratovanja jeklarne 2 smo prenesli tudi proizvodnjo nerjavnih jekel. Shema na sliki 4 kaže nominalna razmerja med produktivnostmi posameznih agregatov v J1 in J2.



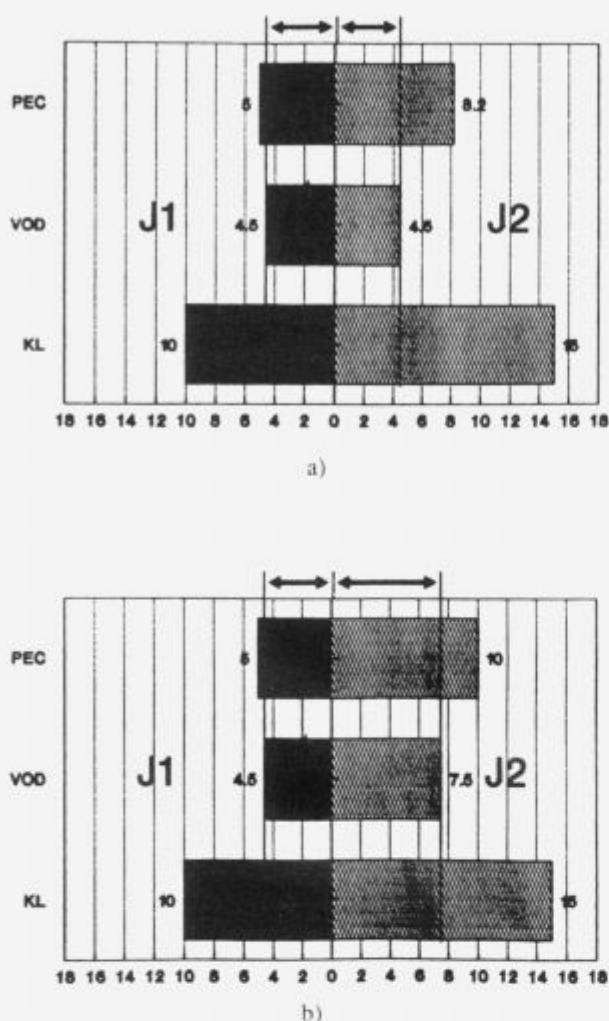
Slika 3. Stopnje izdelave jekla v EO peči in VOD komori.

Figure 3. EAF—VOD technology.

Prve šarže nerjavnih jekel v J2 smo izdelali leta 1987. V tem letu je bilo poizkusno izdelano 282 t in jih kontinuirno odlili. Nato v letu 1988 nerjavnega jekla v J2 nismo izdelovali. S postopnim zmanjševanjem proizvodnje nerjavnih jekel v J1, pa smo v letu 1989 zopet odlili nekaj nerjavnih jekel, v letu 1990 pa govorimo že o normalni proizvodnji, ki pa je bila oplemenitenjena z novim znanjem. Tehnologijo izdelave nerjavnih jekel smo modificirali in spremenili do take stopnje da danes:

- mesečno lahko proizvedemo 5000 t nerjavnega jekla v kombinaciji z ostalo proizvodnjo (ali tudi več),
- dolžina ene kampanje lahko znaša do 20 šaržev,
- uporabljamo cenejši vložek,
- produktivnost VOD naprave smo dvignili iz 4 do 5 na 7 do 8 talin dnevno,
- del proizvodnje nerjavnih jekel lahko odlijemo sekvenčno tudi brez ponovne peči.

Ukrepi, ki so bili za to potrebni so plod dolgoletnega dela in prizadevanj. Spremembe, ki so se pri tem pojavile so shematično prikazane na slikah 5 in 6.

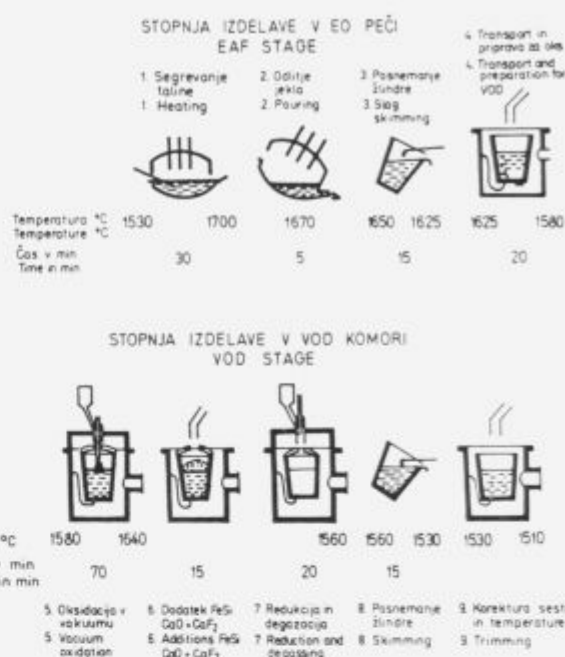


Slika 4. a) Nominalna produktivnost agregatov, primerjava za J1-J2 (za nerjavna jekla). b) Današnja produktivnost agregatov, primerjava za J1-J2 (za nerjavna jekla).

Figure 4. a) Nominal productivity of steelworks, J1 vs. steelworks J2 (for stainless steel). b) Productivity of shop J1 versus shop J2 to day (for stainless steel).

Ukrepi, ki so bili realizirani:

1. oksidacija in redukcija v peči sta izpeljana tako, da do oksidacije Cr ne prihaja, zato se je močno zmanjšala onesnaženost peči. Izkoristek Cr v vložku se giblje okoli 92 do 95%;
2. prebodne temperature so lahko nekoliko višje, ker je tehnologija v VOD to omogoča;
3. koncentracija C v vložku in ob preobodu znaša cca 1% (klasično 0.6 do 0.7%), kar omogoča uporabo cenejšega vložka;
4. časi oksidacije v vakuumu se niso podaljšali, kljub višji začetni koncentraciji ogljika. Vzrok temu je večja hitrost oksidacije taline;
5. možna je regulacija gibanja temperature v VOD s kombinirano oksidacijo s plinastim kisikom in trdnim železovim oksidom;



| Stopnja izdelave<br>Phase     | Kemična sestava jekla v %<br>Melt composition (wt %) |      |      |       |       |       |      | Žindra<br>Slag                 |      |                  |     | Dodatki<br>Additions                                                      |
|-------------------------------|------------------------------------------------------|------|------|-------|-------|-------|------|--------------------------------|------|------------------|-----|---------------------------------------------------------------------------|
|                               | C                                                    | Si   | Mn   | S     | Cr    | Ni    | Ti   | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO  | SiO <sub>2</sub> | FeO |                                                                           |
| 1                             | 1.05                                                 | 0.10 | 0.65 | 0.024 | 18.28 | 8.23  |      |                                |      |                  |     |                                                                           |
| 2                             | 0.68                                                 | 0.35 | 1.30 | 0.020 | 17.90 | 9.70  |      |                                |      |                  |     |                                                                           |
| 3                             | 0.65                                                 | 0.13 | 1.42 | 0.020 | 17.40 | 9.77  |      | 1.30                           | 41.7 | 22.8             | 0.7 | 300 kg FeMn, 250 kg FeCr, 952 Nm <sup>3</sup> O <sub>2</sub> , 700 kg CaO |
| 5                             | 0.03                                                 |      |      |       |       |       |      |                                |      |                  |     |                                                                           |
| 6                             |                                                      |      |      |       |       |       |      |                                |      |                  |     | 800 kg FeSi75, 100 kg Al, 1500 kg CaO, 800 kg CaF <sub>2</sub>            |
| 7                             | 0.03                                                 | 0.35 | 1.55 | 0.005 | 17.15 | 9.54  |      |                                |      |                  |     | 300 kg CaO, 400 kg FeTi, 100 kg FeCr, 100 kg Ni                           |
| 9                             | 0.06                                                 | 0.55 | 1.51 | 0.004 | 16.35 | 9.55  | 0.32 |                                |      |                  |     |                                                                           |
| Končna analiza<br>Final assay | 0.06                                                 | 0.64 | 1.52 | 0.004 | 17.05 | 9.58  | 0.31 |                                |      |                  |     |                                                                           |
| Predpis<br>Standard           | 0.05                                                 | 0.50 | 1.25 | <     | 17.00 | 9.50  | 5xC  |                                |      |                  |     |                                                                           |
|                               | 0.08                                                 | 0.75 | 1.75 | 0.020 | 19.00 | 10.50 |      |                                |      |                  |     |                                                                           |

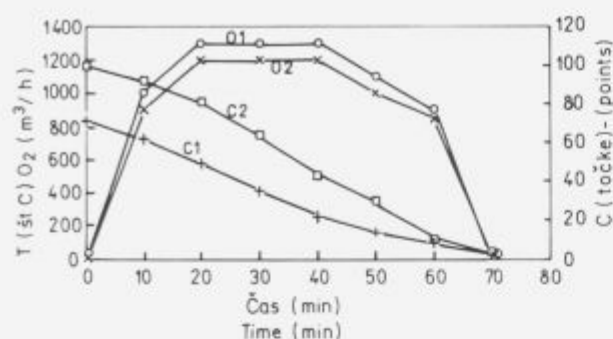
Slika 5. Stopnje izdelave jekla v EO peči in VOD komori.

Figure 5. EAF—VOD technology.

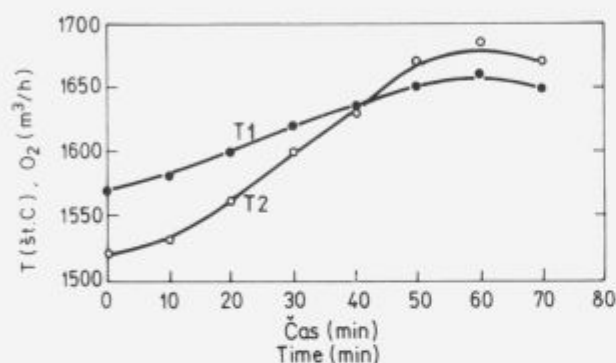
6. zaradi možnosti regulacije temperature lahko določen delež nerjavnih talin odljemo sekvenčno brez ponovne peči;
7. zanesljivost uspešne oksidacije je večja;
8. možno je izdelovati posebne vrste nerjavnih jekel, ki vsebujejo izredno nizke koncentracije dušika in ogljika (intersticial free).

Navedeni ukrepi in primerjava rezultatov pri svetovnih proizvajalcih nerjavnih jekel povedo, da so tehnološki nivo in rezultati proizvodnje nerjavnih jekel v proizvodni verigi J2 izredno dobri. Rezultati, ki to potrjujejo so:

1. produktivnost je višja za 1/3 kot je bila po izvorni nemški tehnologiji;
2. uporabljamo cenene surovine;
3. ŽJ ni masiven proizvajalec nerjavnih jekel, vendar kljub temu lahko proizvedemo letno cca 50 000 t. Skupaj z ostalimi proizvodnimi programi je za nas to izredno zanimiva proizvodnja;



a)



b)

Slika 6. a) Potek izdelave nerjavnega jekla v VOD—primerjava. b) a) Potek izdelave nerjavnega jekla v VOD—primerjava.

Figure 6. a) VOD treatment—comparison. b) VOD treatment—comparison.

4. sveži podatki proizvajalcev nerjavnih jekel preko VOD naprav kažejo, da so naši rezultati zelo dobri;
5. navedeno tehnologijo uporabljajo predvsem japonske jeklarne in sicer s ciljem izdelave posebnih jekel (superferitna). Mi smo tehnologijo pričeli uporabljati in uvedli v prakso še preden smo lahko zasledili kakršnokoli objavo o uporabljeni tehnologiji.

Problematika, ki v zvezi s proizvodnjo nerjavnih jekel še vedno ostaja je:

1. visok dvig proizvodnje nerjavnih jekel v jeklarni nosi s seboj nujnost povečanja kapacitet v hladni valjarni;
2. analiza tržišča in pridobitev svojega prostora je tisto, kar v preteklosti nismo v pravem pomenu poznali, še manj pa imeli do tega pravega odnosa. Glede na izredno slabo gospodarsko politično situacijo pa bo za v bodoče potrebno vložiti v tej smeri še mnogo truda, če bomo hoteli uspeti.

Zaključno misel lahko strnemo z usmeritvijo v bodočnost. Velikokrat je bilo že postavljeno vprašanje kaj je za ŽJ interesanten program in kaj ne. Nerjavna jekla so zanesljivo interesantna. Tehnološko smo dosegli že veliko, komercialno pa malo. Na obeh področjih naš čaka še veliko dela, vendar usmeritev je pravilna. To potrjuje tudi proizvodni program nekaterih zahodnoevropskih jeklarn, ki imajo podoben proizvodni program kot naša.