

Vzroki slabe plastičnosti jekel tipa 18/8

UVOD

Pri valjanju nerjavnih jekel tipa 18/8 na bluming ogrodju smo ugotavljali na površini blokov številne raztrganine. Vzroke za nastanek teh napak smo iskali v slabi plastičnosti jekla. V ta namen smo izdelali preiskave torzije in trganja v temperaturnem območju 800–1250° C, preiskave vpliva temperature in časa ogrevanja na naraščanje avstenitnega zrna in predvsem preiskave vpliva različnih vsebnosti kisika in SO₂ na stopnjo oksidacije. Globino in potek oksidacije smo določevali metalografsko.

SPLOŠNO

Po stari tehnologiji smo nerjavna jekla tipa 18/8 valjali na težki progi Ø 750 iz 1000 kg blokov. Bloki so se ogrevali v potisnih pečeh, kurjenih z generatorskim plinom. Valjanje je potekalo brez težav, površina valjancev pa je bila lepa, brez površinskih napak.

Pri osvajanju nove tehnologije valjanja na novi bluming valjarni smo naleteli na številne težave, ki so se kazale predvsem v slabi površini valjancev. Bloke, oziroma ingote, težke cca 5,4 t, in brame, težke cca 4,2 in 9,2 t smo pred valjanjem ogrevali v globinskih pečeh, ki so bile kurjene z mazutom.

Pri očni kontroli valjancev med valjanjem smo ugotavljali, da so nastajale na površini blokov razpoke že po prvih odvzemih, in to pri temperaturah nad 1150° C. Te razpoke so bile več

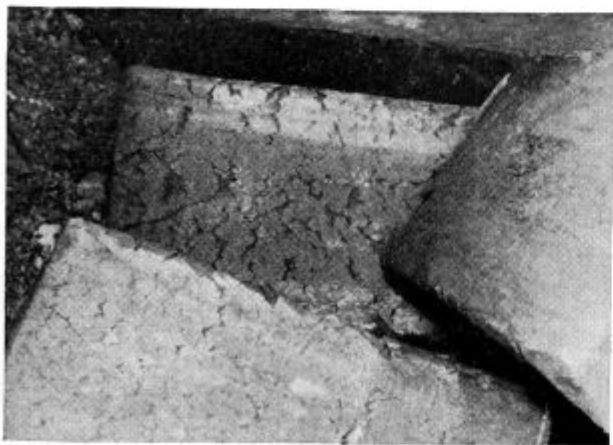
ali manj globoke. V začetku so bile te razpoke neizrazite in maloštevilne, s povečano stopnjo deformacije pa so postajale vedno bolj izrazite in številnejše. (Slika 1 in 2.) Razpoke so se začele pojavljati najprej na robovih in na glavah blokov.



Slika 2
Raztrganine na površini slaba

Opazovanja so nam tudi pokazala, da so bili bloki iz iste komore globinske peči več ali manj podvrženi enaki razpokljivosti, seveda ob enaki stopnji deformacije. Izjema so bili le tisti bloki, ki so ležali tik ob gorilcu.

Intenziteta teh površinskih napak ni bila vedno enaka. Pri nekaterih blokkih, oziroma šaržah smo zasledili razpoke po celi površini, kot je raz-



Slika 1
Raztrganine na površini bloka



Slika 3
Raztrganine na površini slaba

vidno na sliki 1 in 2, pri drugih pa samo na robovih, oziroma na robovih in v sredini valjancev. (Slika 3.)

Mesta raztrganin smo metalografsko analizirali in ugotovili številne razpoke, ki so se proti sredini tanjšale. Te razpoke so običajno potekale več ali manj poševno, odvisno od stopnje deformacije. (Glej sliko 5 in 6.)

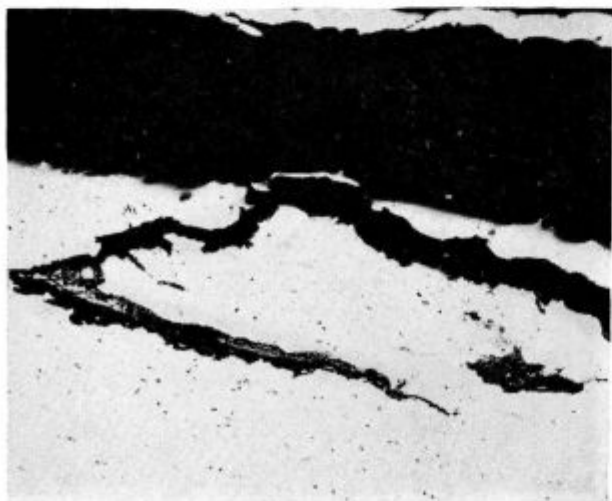
Pretežna večina valjancev pa je imela ne glede na obsežnost napak skoraj vedno raztrgane robove. (Slika 4.)

Druge razpoke pa so bile močno razvejane. (Slika 7.)

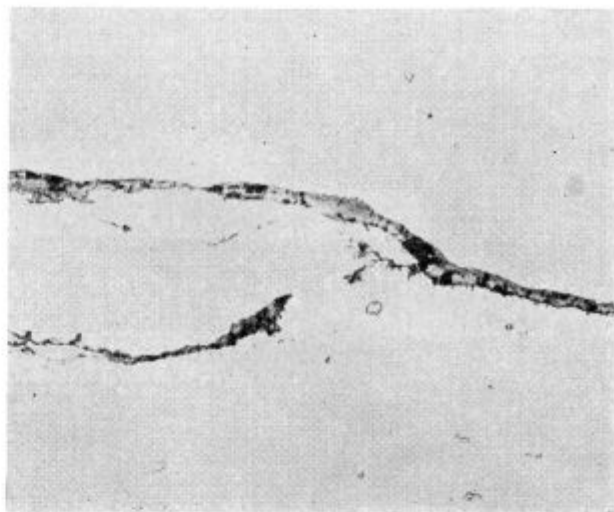
Vzroke za omenjeno razpokljivost smo najprej iskali v neugodni liti strukturi in v temperaturni nehomogenosti blokov. Problem smo poskušali rešiti z rekristalizacijo po deformaciji. V ta namen smo bloke iste šarže, ki so bili istočasno ogreti pod enakimi pogoji, različno deformirali, s tem da smo izvedli večje ali manjše začetne odvzeme, vendar brez vsakršnega uspeha. Tudi ponovno



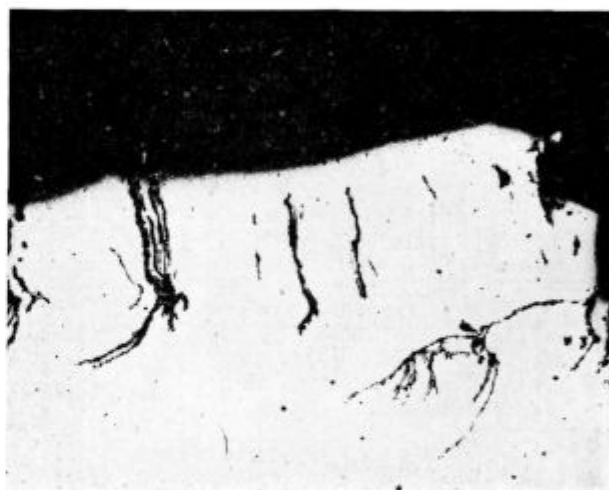
Slika 4
Raztrgani robovi na slabih



Slika 5
100 × — Raztrganine



Slika 6
100 × — Raztrganine



Slika 7
100 × — Raztrganine

ogrevanje po izvršeni deformaciji ni dalo pozitivnega rezultata.

Ker nam zgoraj navedene preiskave niso prinesle zaželenega uspeha, smo pristopili k drugim preiskavam za ugotavljanje plastičnosti jekla. V ta namen smo v laboratorijskem merilu izdelali preiskave torzije in trdnosti materiala, in to v temperaturnem območju med 800—1250° C. Bloke, ki smo jih izdelali v laboratorijski 5 kg VF peči, smo prekovali v preizkušance primernih dimenzij. Da bi delo poenostavili, smo izdelali preiskave le na kvaliteti Č 4582, katere okvirna analiza je razvidna na tabeli 1.

Izbrali smo si torej sestavo z visoko vsebnostjo niklja, da bi se izognili feritno-avstenitni strukturi in njenemu morebitnemu vplivu na plastičnost jekla. Struktura tega jekla v kovanem in gašenem stanju je razvidna na sliki 8.

Tabela 1

Kemična analiza: %

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Nb	Al	Mo
0,05 — 0,07	0,50 — 0,60	1,30 — 1,50	max. 0,025	max. 0,015	19—20	10,5 — 11,5	10 × C	0,020 — 0,050	sledi

Slika 8
100 × — Struktura gašenega preizkušanca

Trgalni preizkus

Trgalne preizkuse smo izdelali na kovanih in nato mehansko obdelanih trgalnih palicah. Dimenzija palic je bila naslednja:

Celotna dolžina trgalne palice	200 mm
Merna dolžina trgalne palice	60 mm
Delovni premer trgalne palice	8 mm

Ogrevanje smo vršili v posebni peči. Temperaturo smo merili z navadnim milivoltmetrom z natančnostjo $\pm 5^\circ\text{C}$. Čas ogrevanja (na temperaturi) je znašal 15 minut. Na trgalnih palicah smo ugotavljali vrednosti za trdnost, mejo raztezosti, raztezke in kontrakcije ter stanje površine po pretrganju.

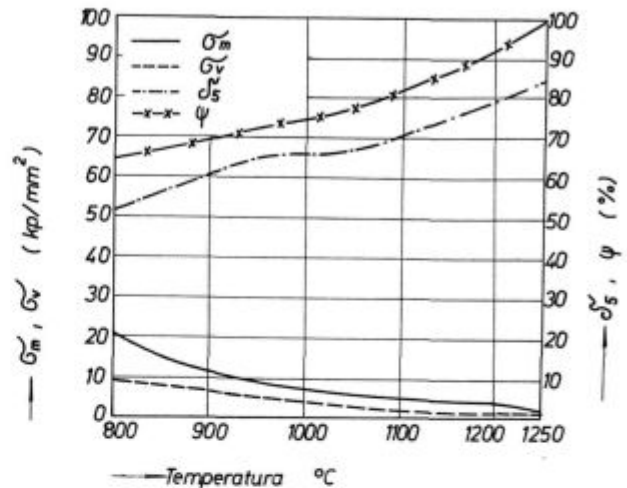
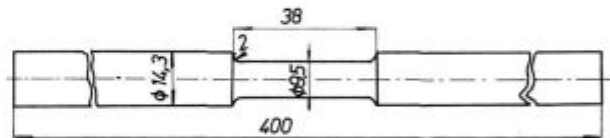
Izkušnje kažejo, da imajo podatki o trdnosti omejeno vrednost za ocenjevanje kovnosti, oziroma plastičnosti jekla, vendar smo te podatke vzeli vseeno v obravnavo, ker nismo mogli meriti vrtilnih momentov pri torziji. Trganje smo izvedli na navadnem trgalnem stroju, pri hitrosti porušitve 2 sek./1 kp.

Slika 9 nam prikazuje dosežene vrednosti. Trdnost je pri temp. nad 1100°C nizka, vrednosti raztezkov in posebno kontrakcije pa so visoke.

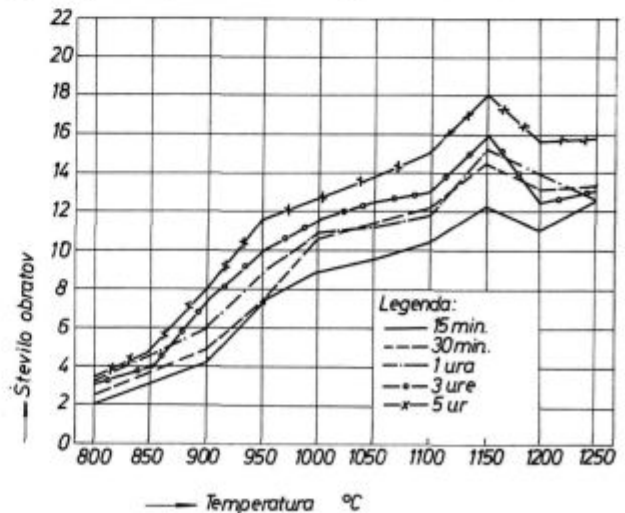
Pregled površine trgalnih palic nam ni odkril nobenih površinskih razpok ali drugih napak.

Torzijski preizkus

Torzijske preiskave smo izdelali ravno tako na kovanih in mehansko obdelanih preizkušancih, katerih dimenzije so razvidne na sliki 10.

Slika 9
Mehanske lastnosti v temperaturnem intervalu med 800 do 1250°C Slika 10
Oblika preizkušanca za preiskavo torzije

Preizkušance smo ogrevali v silitni peči, v atmosferi dušika in vodika (razmerje 80:20) in v temp. intervalu $800\text{--}1250^\circ\text{C}$. Da bi se čimbolj približali pogojem ogrevanja blokov v globinskih pečeh, smo preizkušance ogrevali v časovnem in-

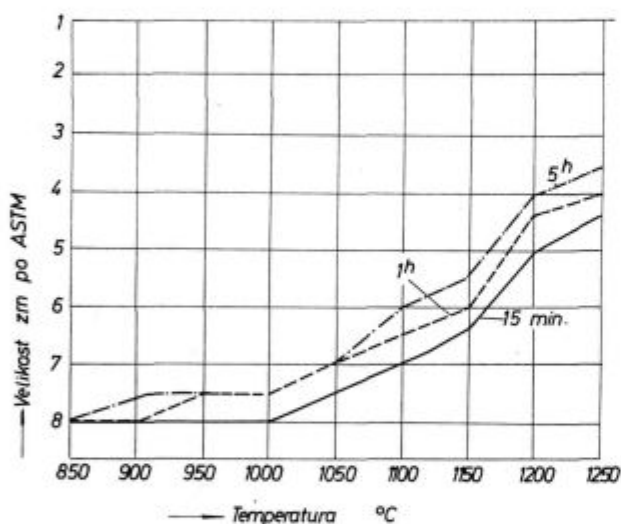
Slika 11
Rezultati torzijskih preiskav

tervalu od 15 min. do 5 h. Iz rezultatov, ki so razvidni na diagramu slike 11, je jasno, da plastičnost jekla močno narašča z naraščajočo temperaturo in da je čas ogrevanja, oziroma čas temperaturne homogenizacije samo ugodno vplival na plastičnost jekla. Plastičnost jekla je pri temperaturi nad 1150° C najvišja. Površina preizkušancev po prelomu ni imela razpoka, vidnih s prostim očesom.

VPLIV TEMPERATURE IN ČASA NA NARAŠČANJE ZRN

Da bi ugotovili vpliv temperature in časa ogrevanja na naraščanje avstenitnih zrn in s tem vpliv velikosti zrn na plastičnost jekla, smo izdelali še preiskave velikosti kristalnih zrn in to v istem temperaturnem in časovnem intervalu kot torzijo, oziroma mehanske lastnosti.

Vse preiskave smo vršili na kovanih vzorcih. Rezultati, ki smo jih dosegli, so razvidni na diagramu slike 12.



Slika 12

Velikost zrn v odvisnosti od časa in temperature ogrevanja

Na podlagi doseženih rezultatov lahko sklepamo, da naraščanje zrna ni tako veliko, da bi lahko občutno vplivalo na plastičnost jekla. Zrno začenja počasi naraščati šele pri temperaturah nad 1000° C. Čas ogrevanja nima bistvenega vpliva, vsaj pri zgoraj navedenih pogojih, na naraščanje zrna.

Na podlagi rezultatov trganja, torzijskih preiskav in deloma na podlagi metalografske analize velikosti zrn smo prišli do zaključka, da razpoke pri valjanju blokov niso nastale zaradi slabe plastičnosti jekla, zato smo vse preiskave usmerili k študiju tehnologije ogrevanja, predvsem pa k študiju vpliva atmosfere peči na stopnjo oksidacije.

VPLIV ATMOSFERE NA STOPNJO OKSIDACIJE

Številni avtorji so se že ukvarjali z vplivom temperature, časa ogrevanja in atmosfere peči na nastanek napak na površini blokov, slabov itd. in s posledicami, ki jih taka površina ima na plastičnost jekla. Posebno problematična je postala predelava valjancev avstenitnih in avstenitnoferitnih jekel s prehodom na mazutno ogrevanje zaradi visoke vsebnosti žvepla v gorivu.

Ker smo tudi naše globinske peči kurili z mazutom, nas je zanimal vpliv atmosfere in v njej prisotnega žvepla in kisika na stopnjo oksidacije, oziroma na razpokljivost valjancev pri valjanju.

Jekla tipa 18/8 so zlitine, ki vsebujejo v glavnem železo, krom in nikelj in je zato njihova škaja sestavljena pretežno iz oksidov teh treh elementov, to je iz FeO, Fe₃O₄, Fe₂O₃, Cr₂O₃ in NiO, odnosno iz kombiniranih oksidov. Ta jekla vsebujejo poleg omenjenih elementov še manjše količine silicija in mangana, ki tudi tvorita okside.

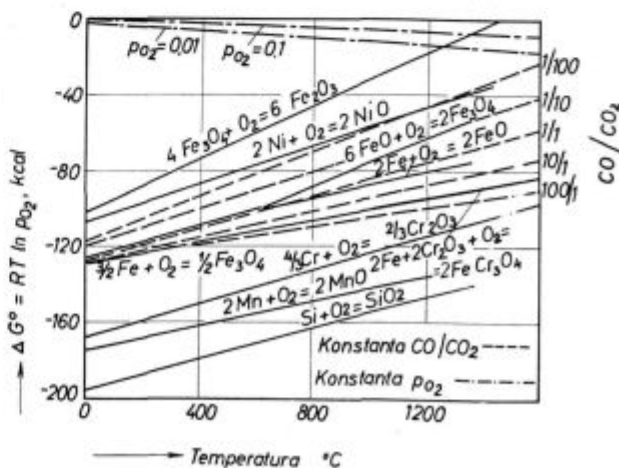
Kakor je razvidno na sliki 13, ima Cr₂O₃ nizek parcialni pritisk in razen SiO₂ in MnO je to najbolj stabilen oksid od vseh zgoraj navedenih.

NiO je z druge strani neobstoje. Parcialni pritisk kisika v Fe₃O₄ in FeO je manjši kot pri NiO. To pomeni, da je malo možnosti, da bi se NiO nahajal v notranjem sloju oksidne plasti. Železo oksidira prvo in nikelj ostane kot kovinska faza. Nikelj pa lahko nastopa v zunanji plasti škaje kot kompleksna spojina NiCr₂O₄.

Transport mase skozi oksidne faze je zelo pomemben. Skozi wüstit in magnetit poteka difuzija ionov železa, skozi hematit pa difuzija kisika.

Vpliv žvepla na proces oksidacije

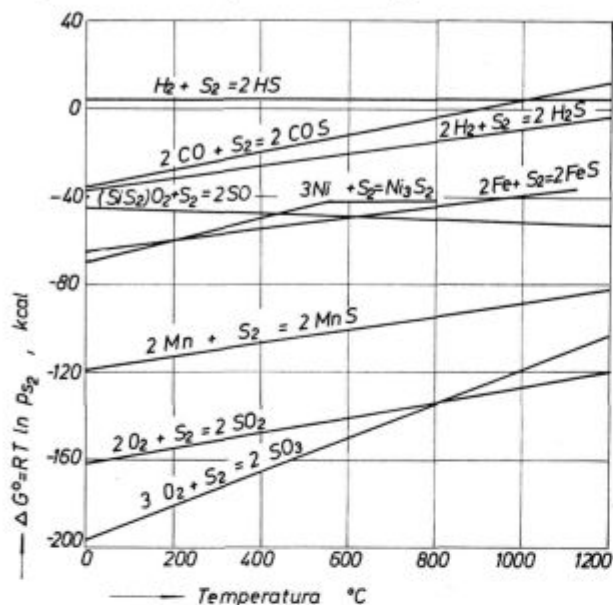
SO₂ ima glede na prisotnost O₂ in CO v dimnih plinih odločujoč vpliv na nastanek škaje. Nastanek sulfidov na kovinski površini je odvisen od parcialnega pritiska žvepljenih hlapov v atmo-



Slika 13

Diagram potencialov kisika

sferi. Vsak sulfid je pri določeni temperaturi v ravnatežju z določenim parcialnim pritiskom žvepla. Tako kakor diagram potencialov kisika lahko narišemo tudi diagram potencialov žvepla. Diagram na sliki 14 nam prikazuje potenciale žvepla v trdih in plinastih komponentah.



Slika 14
Diagram potencialov žvepla

Pri atmosferah, ki vsebujejo žveplo, je tendenca nastanka sulfidov ali oksisulfidnih komponent. Te komponente, ki imajo pogostokrat zelo nizka tališča, lahko preprečujejo tvorbo zaščitnega oksidnega sloja. Komponente niklja z žveplom imajo posebno nizka tališča. Sulfid Ni_3S_2 ima tališče pri 787°C , medtem ko tvori komponenta $\text{Ni-Ni}_3\text{S}_2$ eutektik s tališčem pri 645°C .

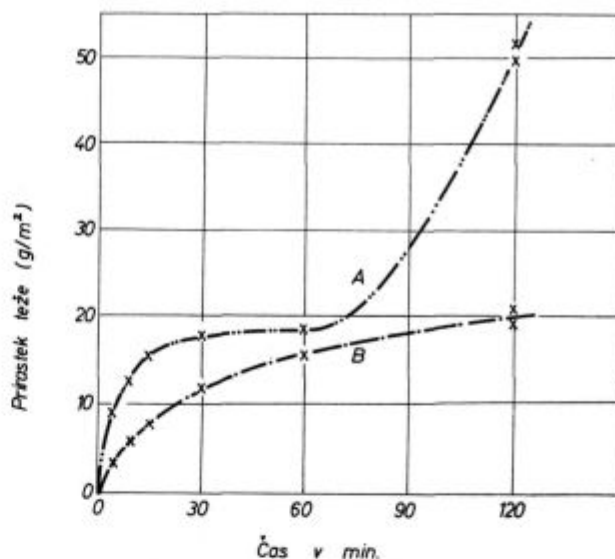
Z naraščajočo vsebnostjo FeS v nikljevem sulfidu temperaturna točka tališča sicer nekoliko naraste, tako da ima spojina $2\text{FeS}\cdot\text{Ni}_3\text{S}_2$ tališče pri 880°C .

Iz diagrama na sliki 15 je razvidno, da je pri plinskih atmosferah, ki ne vsebujejo žvepla, stopnja oksidacije pri temperaturi 1050°C višja, če te vsebujejo kisik (krivulja A), manjše pa, če vsebujejo CO (krivulja B). Večjo stopnjo oksidacije si tolmačimo s krhkostjo škaje, ki nima za to zaščitne funkcije odnosno vloge.

Iz diagrama na sliki 16 pa je razvidno, da je stopnja oksidacije pri 1050°C v atmosferah, ki vsebujejo SO_2 , zelo visoka, če v atmosferi ni prisotnega kisika in majhna, če ta vsebuje kisik.

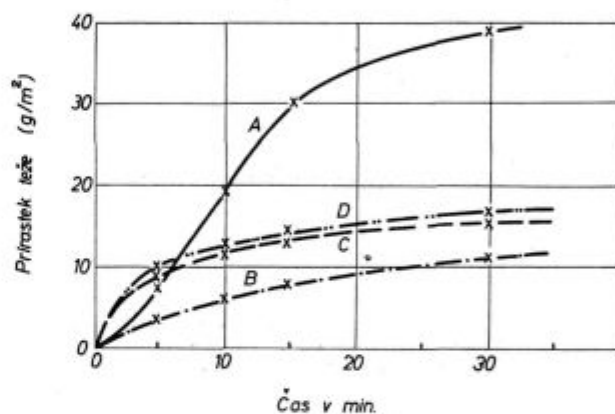
Iz vsega zgoraj navedenega je torej razvidno, da je prisotnost SO_2 v dimnih plinih zelo škodljiva. Izpremembe v stopnji oksidacije zaradi prisotnosti žvepla v atmosferah, ki vsebujejo CO , je združena s popolno spremembo strukture škaje. Ta škaja ni točno definirana. Začenja se tvoriti s penetracijo vzdolž meja zrn.

Vplivi različne vsebnosti SO_2 na stopnjo oksidacije v rahlo redukativni atmosferi (krivulja A)



Slika 15

Stopnja oksidacije jekla pri 1050°C : krivulja A — 16 % CO_2 , 1,5 % O_2 , 82 % N_2 ; krivulja B — 15 % CO_2 , 1,0 % CO_2 , 84 % N_2



Slika 16

Stopnja oksidacije jekla pri 1050°C : krivulja A — 15 % CO_2 , 1,5 % CO , 0,1 % SO_2 , 83 % N_2 ; krivulja B — 15 % CO_2 , 1,5 % CO , 84 % N_2 ; krivulja C — 16 % CO_2 , 1,5 % O_2 , 0,1 % SO_2 , 82 % N_2 ; krivulja D — 16 % CO_2 , 1,5 % O_2 , 82 % N_2

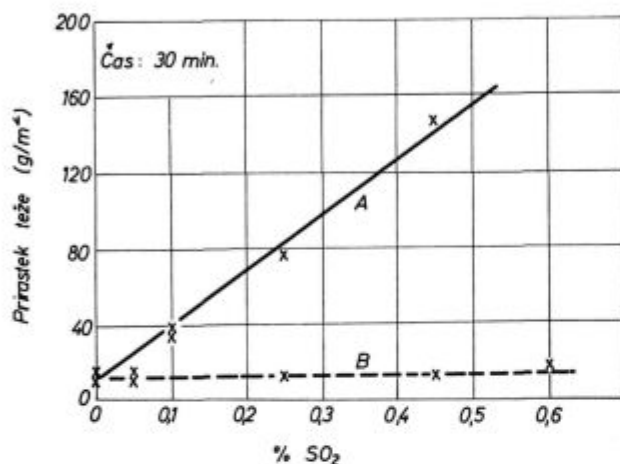
in v rahlo oksidativni atmosferi (krivulja B) pri temperaturi 1050°C prikazuje slika 17. V atmosferi, vsebujoči 1,5 % O_2 , je stopnja oksidacije praktično neodvisna od vsebnosti SO_2 . V redukcijski atmosferi pa je stopnja oksidacije močno odvisna od vsebnosti SO_2 .

Različen vpliv žvepla na oksidacijske procese v oksidacijskih in redukcijskih atmosferah si tolmačimo s pomočjo parcialnega pritiska žvepljenih hlapov v različnih plinskih mešaninah in temperaturah. V redukcijskih atmosferah je parcialni pritisk hlapov žvepla dovolj visok, da dovoljuje tvorbo nizkotalečih Ni in Fe sulfidov. Z druge strani pa je v dimnih plinih, ki nastanejo pri prebitku zraka, oziroma kisika parcialni pritisk hlapov žvepla prenizek, da bi nastali sulfidi.

Številni avtorji so se ukvarjali tudi z vplivi H_2 in H_2O na stopnjo oksidacije. Kakor je v tabeli 2

Tabela II.

Čas ogrevanja min.	Sestava plinov v %							naraščanje teže gr/m ²
	CO ₂	CO	H ₂ O	H ₂	O ₂	N ₂	SO ₂	
5	13.1	3.2	9.9	1.3	—	72.5	—	4
5	9.0	2.1	6.8	0.9	—	81.1	0.1	11
15	14.9	—	12.7	—	1.0	71.4	—	5
15	13.4	—	11.4	—	3.4	71.7	0.1	3
15	11.8	1.0	9.5	0.5	—	77.2	—	4
15	8.7	1.9	6.6	0.8	—	81.9	0.1	31
30	16.7	—	14.2	—	1.5	67.6	—	7
30	14.1	—	12.0	—	1.9	71.9	0.1	6
30	10.1	1.3	7.6	0.5	—	81.5	—	8
30	9.2	1.8	7.0	0.8	—	81.8	0.1	135



Slika 17

Vpliv SO₂ na stopnjo oksidacije pri 1050 °C: krivulja A — 15 % CO₂, 1,5 % CO; 83 % N₂, 0,1 do 0,6 % SO₂; krivulja B — 16 % CO₂, 1,5 % O₂, 82 % N₂, 0,1 do 0,6 % SO₂

razvidno, nimata H₂ in H₂O bistvenega vpliva na stopnjo oksidacije niti v oksidativnih niti v redukcijskih atmosferah.

Izvedba preiskav

Preden bi pristopili k opisu preiskav vpliva atmosfere na nastanek razpok pri valjanju, bi na kratko opisali tehnologijo ogrevanja nerjavnih jekel avstenitno in avstenitno-feritnega tipa v globinskih pečeh, torej ogrevanje, ki je, kakor bomo kasneje videli, najbolj odločilno vplivalo na potek valjanja, oziroma na nastanek razpok.

Šarže jekla tipa 18/8, torej kvalitete Č 4582, smo izdelovali v 60 t elektropeči in vlivali v 4,2, 5,4 in 9,2 t bloke. Ostali pogoji so bili naslednji:

- Track Time 3—4 h
- Temperatura blokov ob zakladanju 800—900° C
- Čas ogrevanja 20—24 h
- Homogenizacija pri temperaturah 800—900°, 1100 in 1250° C
- Flasch burning na 1300° C 1 h
- Končna temperatura blokov 1280 do 1300° C

Komore smo kurili z mazutom, ki je vseboval od 0,7—2,2 % S. Vsebnost SO₂ v dimnih plinih je nihala med 0,04—0,12 %. Mazut smo razprševali z vodno paro. Komore smo kurili z različnim zračnim prebitkom, tako da je vsebnost kisika v dimnih plinih močno nihala. S pomočjo Orsatovega aparata smo določevali še ostale plinske komponente. Sestava teh komponent je bila naslednja:
 CO₂ = 12,0—17,0 %
 CO = 0 %
 O₂ = 1,5—8 %
 SO₂ = 0,07—0,12 %

Količina pare v dimnih plinih je bila zelo visoka, in sicer med 14—16 %.

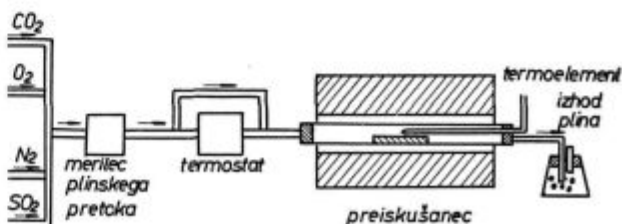
Pri določevanju programa laboratorijskih preiskav smo skušali zajeti vse tiste faktorje, ki naj bi vplivali na nastanek razpokljivosti pri valjanju. Obenem smo se skušali čimbolj približati pogojem dela v globinskih pečeh.

Zadali smo si za nalogo ugotoviti:

1. Vpliv različne vsebnosti kisika na stopnjo oksidacije pri različnih temperaturah in časih
2. Vpliv različne vsebnosti SO₂ na stopnjo oksidacije v nevtralnih in v oksidativnih atmosferah, in to pri različnih temperaturah in časih.

Za preiskave smo si izbrali preizkušance v litem stanju, ki smo jih izrezali iz 5 kg blokov, katerih okvirna analiza je razvidna na tabeli I. Površino preizkušancev smo mehansko obdelali in brusili do papirja, granulacije 400/2 ter končno razmastili v trikloretilenu. Dimenzija preizkušancev je znašala 25 × 15 × 15 mm.

Na sliki 18 je shematsko prikazana naprava za pripravo plinske mešanice z rotametrom in



Slika 18

Shema naprave za tvorbo plinske mešanice s pečico

silitno pečico. V pečici se je nahajala na obeh straneh zatesnjena kvarčna cevka s termoelementom. Preizkušance smo vlagali v sredino cevke tik ob termoelementu.

Pred začetkom ogrevanja smo cevko preprihivali z isto plinsko mešanico, ki je služila za preizkus stopnje oksidacije. V isti atmosferi se je preizkušanec tudi ohlajeval do cca 100° C. Pretok plinov je znašal cca 25 l/h.

Stopnja oksidacije smo preiskovali v naslednjih plinskih mešanicah in pogojih:

- a) $O_2 = 1.0, 3.0, 5.0 \%$
 $SO_2 = 0 \%$
 $N_2 = \text{ostalo}$

Čas ogrevanja: 60 in 180 min.

Temperatura: 1100, 1250 in 1300° C

- b) $CO_2 = 14 \%$
 $SO_2 = 0.1, 0.3 \text{ in } 0.6 \%$
 $O_2 = 0, 1.0, 3.0 \text{ in } 5.0 \%$
 $N_2 = \text{ostalo}$

Čas ogrevanja: 60, 180 in 300 min.

Temperatura: 1100 in 1250° C

Preiskav v atmosferah, vsebujočih H_2O , nismo izdelali, ker bodo predmet nadaljnjih raziskav.

Po končanem preizkusu smo na slehernem preizkušancu izdelali metalografsko preiskavo za ugotovitev velikosti stopnje oksidacije. Določevali smo debelino, oziroma globino oksidirane plasti v mm. Preiskavo pri dobivanju teže preizkušanca nismo izdelali, ker nas je zanimal poleg globine tudi potek oksidacije. Rezultati, ki smo jih dosegli, so podani v diagramih in slikah.

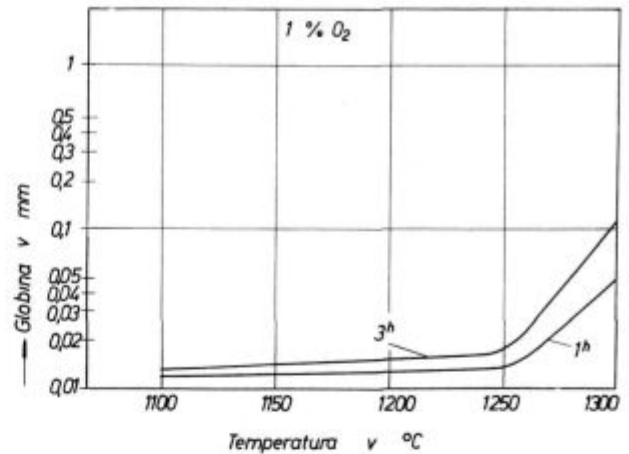
Vpliv O_2 na stopnjo oksidacije

Preiskave stopnje oksidacije smo izdelali pri različnih temperaturah in časih ogrevanja ter pri različnih vsebnostih kisika. Kakor je iz diagramov na sliki 19, 20 in 21 razvidno, je bila stopnja oksidacije pri 1 % O_2 minimalna, do 1250° C, pri 5 % O_2 pa velika, posebno pri temperaturah nad 1250° C. Maksimalno globino oksidacije 1.2 mm smo dosegli pri temperaturi 1300° C in času 180 min.

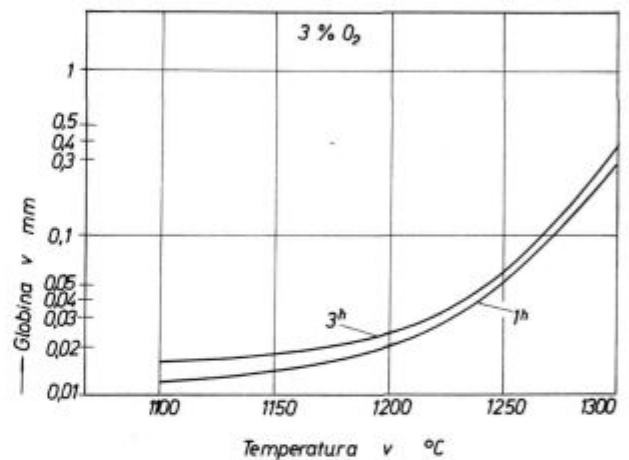
Na preizkušancih, ki so bili izpostavljeni vplivu različnih % O_2 , smo izdelali še metalografske preiskave, da bi ugotovili velikost in obliko oksidirane plasti. Slika 22 nam prikazuje stopnjo oksidacije v atmosferi 1 % O_2 (ostalo N_2), pri temperaturi 1200° C in času 1 h. Vidna je zelo tanka oksidna plast in rahlo oksidirane meje zrn.

Slika 23 nam prikazuje presek preizkušanca, ki je bil izpostavljen atmosferi 1 % O_2 (ostalo N_2), pri temperaturi 1200° C in času 3 h. Lepo je vidna nekoliko močnejša oksidiranost meja zrn.

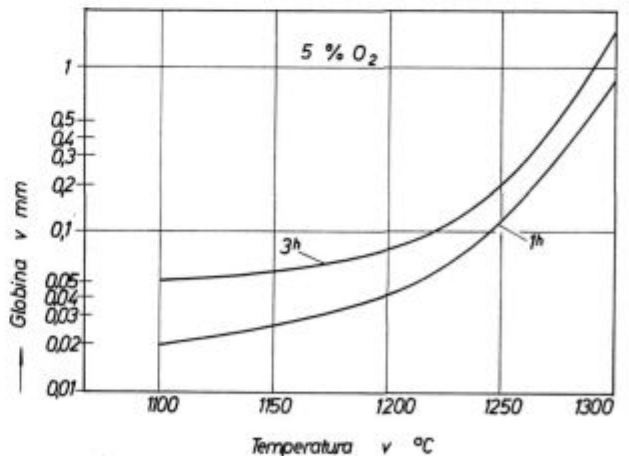
Slika 24 pa nam prikazuje presek preizkušanca, ki je bil izpostavljen atmosferi 5 % O_2 (ostalo N_2), pri temperaturi 1300° C in času 1 h.



Slika 19
Globina oksidacije pri 1 % O_2



Slika 20
Globina oksidacije pri 3 % O_2



Slika 21
Globina oksidacije pri 5 % O_2

Zelo lepo je vidna izredno močna oksidacija površine. Oblika plasti nam kaže, da je oksidacija potekala istočasno frontalno in po mejah zrn.

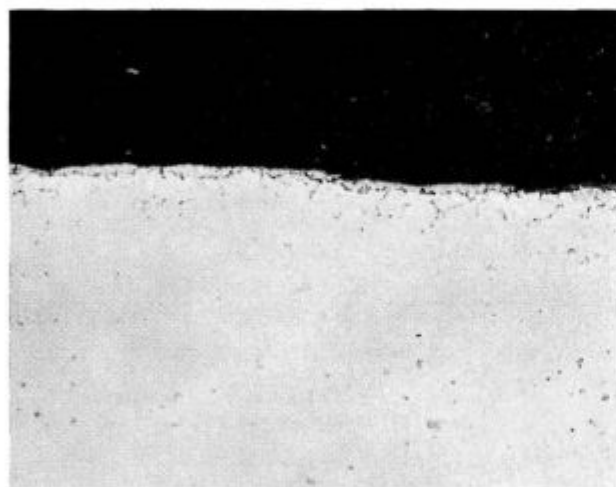
Iz vsega zgoraj navedenega je razvidno, da nevarnost oksidacije v atmosferah O_2 in N_2 močno

narašča z naraščajočo vsebnostjo kisika, temperature in časa ogrevanja. Ta oksidacija postaja posebno intenzivna pri temperaturah nad 1250° C. Stopnja oksidacije, ki je razvidna na sliki 24, lahko povzroča lomljivost valjancev pri valjanju.

Vpliv SO₂ in O₂ na stopnjo oksidacije

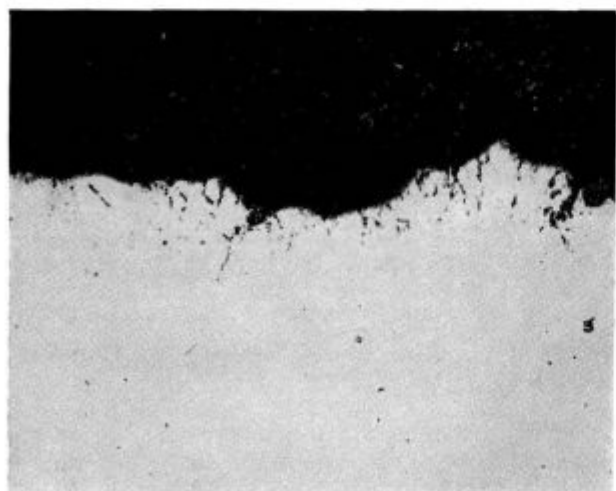
V naslednjih preiskavah nas je predvsem zanimal vpliv različne vsebnosti SO₂, v atmosferah, vsebujočih cca 14 % CO₂ in od 0 do 6 % O₂, na debelino oksidnega sloja in na potek oksidacije. Preiskave smo izvedli pri temperaturah 1100 in 1250° C. Čas ogrevanja pa je nihal v intervalu od 60–300 min.

Diagram slike 25 nam prikazuje vpliv različne vsebnosti SO₂ na stopnjo oksidacije pri 0 % O₂ in enournem ogrevanju. Stopnja oksidacije, ki je pri 1100° C neznatna, postaja nekoliko večja pri temperaturah nad 1250° C, posebno pri višjih vsebnostih SO₂.



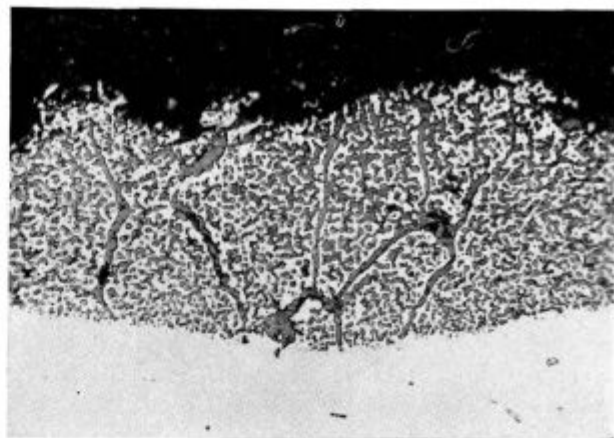
Slika 22

100 × — Stopnja oksidacije pri vsebnosti 1 % O₂



Slika 23

100 × — Stopnja oksidacije pri vsebnosti 1 % O₂



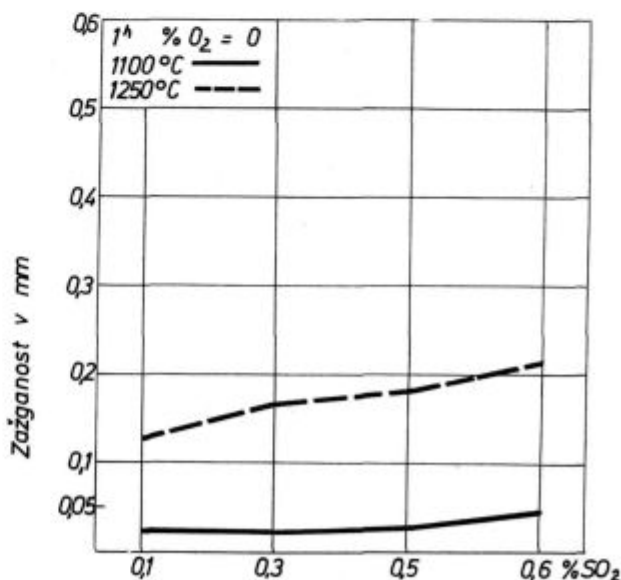
Slika 24

100 × — Stopnja oksidacije pri vsebnosti 5 % O₂

Diagram na sliki 26 nam prikazuje stopnjo oksidacije pri 1 % O₂ in enournem ogrevanju v odvisnosti od vsebnosti SO₂. Oksidacija je pri 1100° C kakor tudi pri 1250° C majhna, ne glede na vsebnost SO₂.

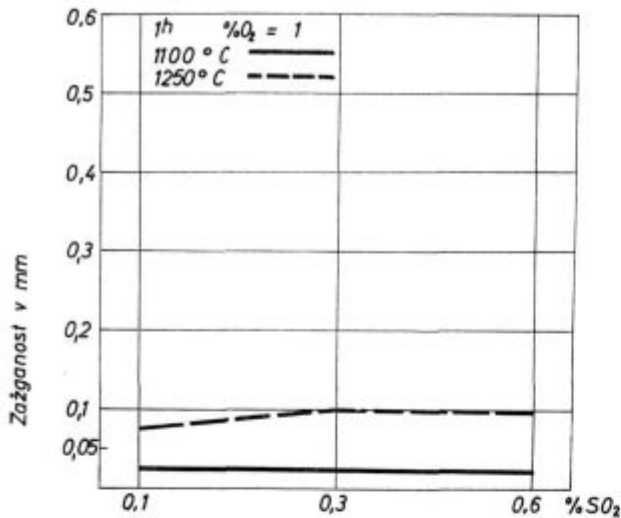
Diagram na sliki 27 pa nam prikazuje stopnjo oksidacije pri 5 % O₂ in pri enournem ogrevanju. Stopnja oksidacije je še manjša kot pri 0 %, oziroma pri 1 % O₂.

Diagram na sliki 28 nam podaja rezime rezultatov vpliva O₂ in SO₂ na stopnjo oksidacije pri temperaturi 1250° C in času 1 ure. Kakor je iz diagramov razvidno, je v atmosferah, ki vsebujejo SO₂, stopnja oksidacije večja, čim manjša je vsebnost kisika, čim večja je vsebnost SO₂ in čim daljši je čas ogrevanja. Največja nevarnost oksidacije obstoja v atmosferah, ki so brez kisika.



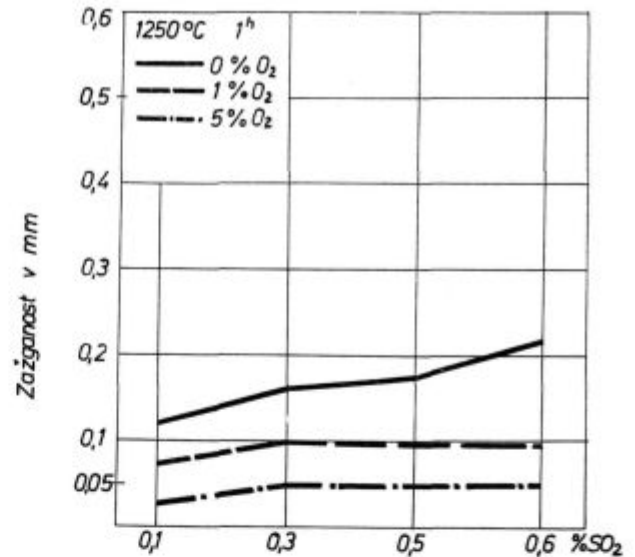
Slika 25

Stopnja oksidacije v odvisnosti od vsebnosti SO₂. Atmosfera: 14 % CO₂; 0 % O₂; 0,1 do 0,6 % SO₂, ostalo N₂



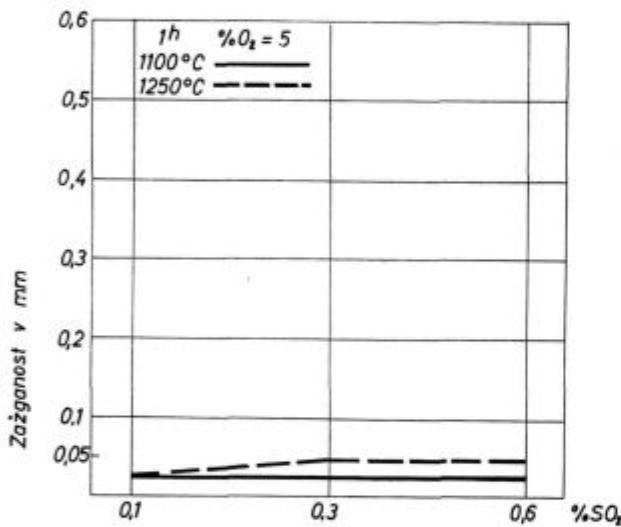
Slika 26

Stopnja oksidacije v odvisnosti od vsebnosti SO₂ — Atmosfera: 14 % CO₂; 1 % O₂; 0,1 do 0,6 % SO₂, ostalo N₂



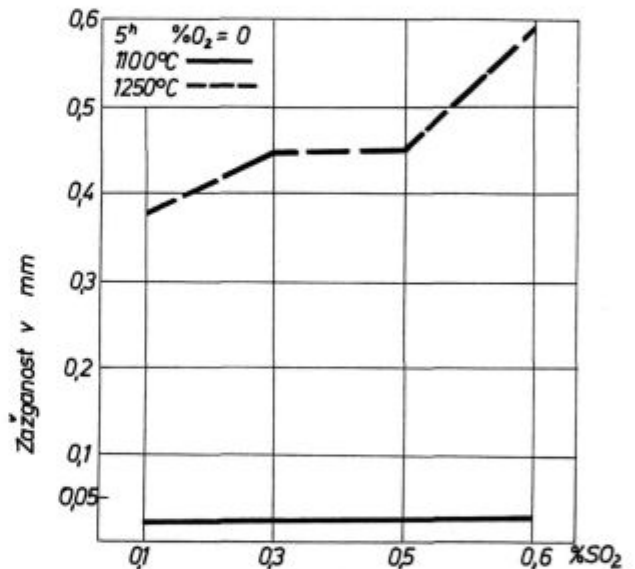
Slika 28

Vpliv O₂ in SO₂ na stopnjo oksidacije pri 1250°C in enournem ogrevanju



Slika 27

Stopnja oksidacije v odvisnosti od vsebnosti SO₂ — Atmosfera: 14 % CO₂; 5 % O₂; 0,1 do 0,5 % SO₂, ostalo N₂



Slika 29

Stopnja oksidacije v odvisnosti od vsebnosti SO₂ — Atmosfera: 14 % CO₂; 0 % O₂; 0,1 do 0,6 % SO₂, ostalo N₂

Kljub navedenemu pa je stopnja oksidacije v zgoraj navedenih pogojih tako majhna, da ne more poškodovati površine izkušanca, in to v takšni meri, da bi bila zmanjšana njegova plastičnost.

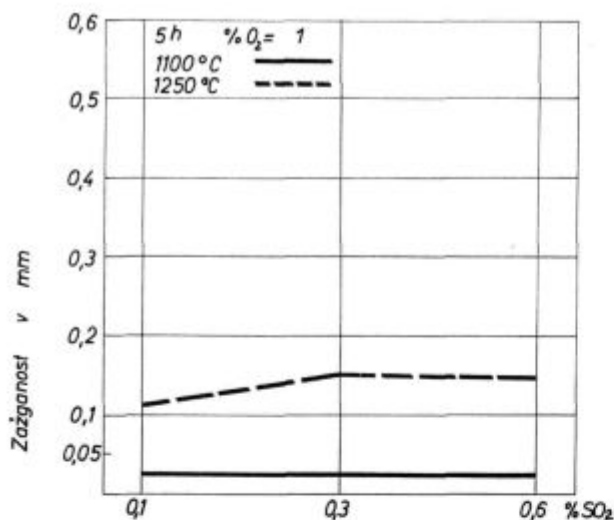
Izdelali smo še preiskave vpliva različnih vsebnosti kisika in SO₂ na stopnjo oksidacije pri 1100 in 1250°C ter pri 5 urah ogrevanja. S temi preiskavami smo se skušali približati časovnim pogojem in vsebnosti kisika v globinskih pečeh. Rezultati, ki smo jih dosegli, so razvidni na diagramih.

Na sliki 29 je razviden vpliv SO₂ na stopnjo oksidacije v atmosferah, ki so brez kisika. Ta stopnja oksidacije je zelo visoka pri 1250°C, neznatna pa pri temperaturi 1100°C.

Slika 30 nam prikazuje rezultate, ki smo jih dosegli pri 1 % O₂. Stopnja oksidacije je pri 1100°C majhna, pri 1250°C pa nekoliko večja, vendar občutno manjša kot v atmosferi, ki ne vsebuje kisika.

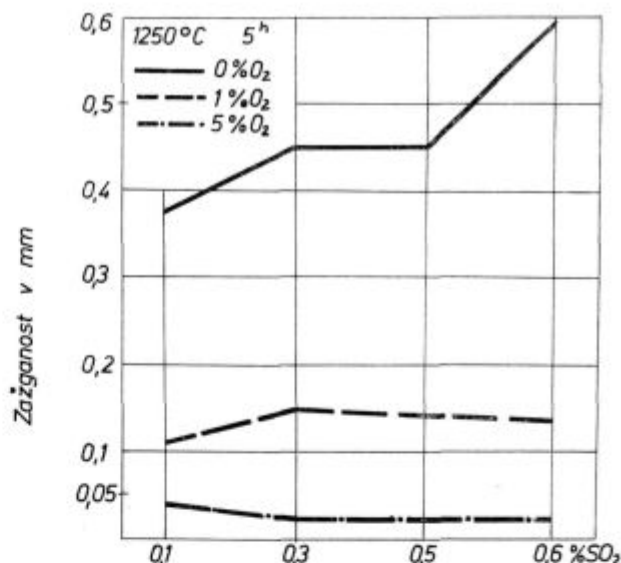
Rezultate stopnje oksidacije v odvisnosti od vsebnosti SO₂ pri 5 % O₂ pa nam podaja slika 31. Stopnja oksidacije je zelo majhna, ne glede na temperaturo ogrevanja.

Diagram na sliki 32 pa nam podaja rezime rezultatov vpliva različnih vsebnosti O₂ in SO₂ na stopnjo oksidacije pri 1250°C in času ogrevanja 5 ur. Iz diagrama je razvidno, da je stopnja oksidacije pri 0 % O₂ izredno visoka in odvisna od vsebnosti SO₂. Taka stopnja oksidacije povzroča



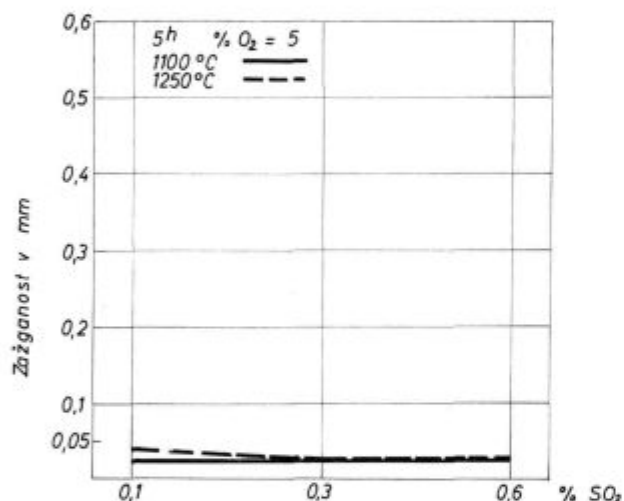
Slika 30

Stopnja oksidacije v odvisnosti od vsebnosti SO₂ — Atmosfera: 14 % CO; 1 % O₂; 0,1 do 0,6 % SO₂, ostalo N₂



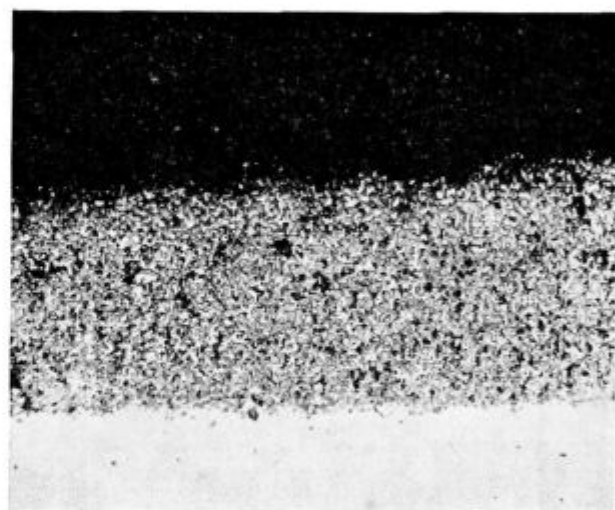
Slika 32

Stopnja oksidacije v odvisnosti od vsebnosti SO₂ in O₂ pri 1250°C in 5-urnem ogrevanju



Slika 31

Stopnja oksidacije v odvisnosti od vsebnosti SO₂ — Atmosfera: 14 % CO; 5 % O₂; 0,1 do 0,6 % SO₂, ostalo N₂



Slika 33

100 × — Stopnja oksidacije — Atmosfera: 14 % CO; 0 % O₂; 0,1 % SO₂, ostalo N₂

močno poškodovanje površine, kar nedvomno vpliva na poslabšanje plastičnosti jekla in na nastanek razpokljivosti pri valjanju. Stopnja oksidacije v atmosferah, ki vsebujejo O₂ pa je majhna in nima praktičnega vpliva na plastičnost.

Na preizkušancih, ki so bili izpostavljeni atmosferam, ki vsebujejo različne količine SO₂ in O₂ smo izdelali še metalografske preiskave. Na sliki 33 je razviden presek površine preizkušanca, ki je bil izpostavljen 5 ur temperaturi 1250°C, in to v atmosferi z 0,1 % SO₂ in 0 % O₂. Lepo je vidna močna stopnja oksidacije.

Na sliki 34 pa je razviden presek površine preizkušanca, ki je bil izpostavljen 5 ur temperaturi 1250°C, in to v atmosferi, ki vsebuje 0,6 % SO₂ in 0 % O₂. Stopnja oksidacije je izredno napredovala. Zelo pogosta so temna mesta, kjer je prišlo do sublimacije nikljevih sulfidov.

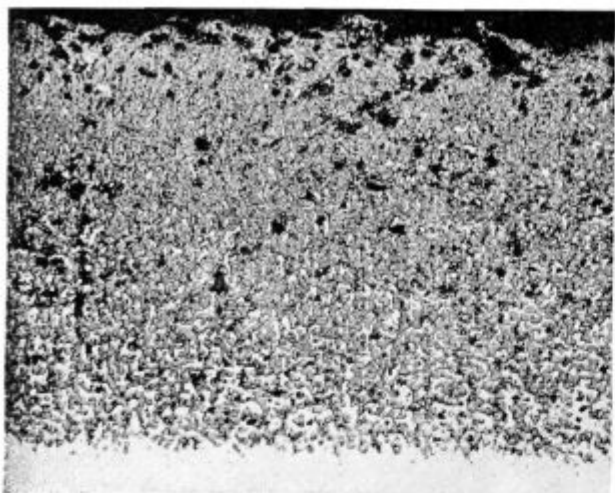
Iz vsega navedenega lahko sklepamo, da SO₂ v oksidativnih atmosferah nima bistvenega vpliva na stopnjo oksidacije, v nevtralnih atmosferah pa povzroča nastanek nizko talečih sulfidov in izredno močno stopnjo oksidacije.

ZAKLJUČKI

1. Preiskave torzije in mehanskih lastnosti so nam pokazale, da je plastičnost jekla v temperaturnem območju 800—1250°C zadovoljiva.

2. Plastičnost jekla (torzija) narašča z naraščajočo temperaturo vse do 1150°C, ko doseže svoj maksimum.

3. Temperatura homogenizacije vpliva ugodno na plastičnost jekla.



Slika 34

100 × — Stopnja oksidacije — Atmosfera: 14 % CO₂; 0 % O₂; 0,6 % SO₂, ostalo N₂

4. Zrno je podvrženo počasnemu naraščanju v odvisnosti temperature. Sele nad 1050° C zabeležimo večjo rast zrna.

5. V atmosferah, ki vsebujejo cca 1 % O₂, (ostalo N₂) je jeklo podvrženo močnejši oksidaciji le pri temperaturah nad 1250° C.

6. Stopnja oksidacije začinja močno naraščati pri vsebnosti kisika nad 3 % (ostalo N₂) in pri temperaturah nad 1200° C.

7. V atmosferah z nizko vsebnostjo O₂ (ostalo N₂) poteka oksidacija po mejah zrn, v atmosferah z višjo vsebnostjo O₂ pa frontalno in po mejah.

8. Atmosfere z vsebnostjo O₂ nad 5 %, (ostalo N₂) nam pri temperaturah nad 1250° C poškodujejo površino v takšni meri, da je plastičnost jekla občutno manjša.

9. SO₂ odlojučno vpliva na nastanek škaje v nevtralnih atmosferah. Ta vpliv pa je v oksidativnih atmosferah neprimerno manjši.

10. Za preprečitev kvarnega vpliva SO₂ je dovolj mali prebitek zraka, oziroma kisika v dimnih plinih.

11. Z naraščajočo temperaturo in časom ogrevanja in z naraščajočo vsebnostjo SO₂ narašča v nevtralnih atmosferah debelina oksidne plasti.

12. SO₂ v nevtralnih atmosferah poškoduje površino preizkušanca v takšni meri, da je njegova plastičnost občutno prizadeta.

Literatura:

1. John Olaf Edström: »Scaling of 18—8 Stainless Steel in Reheating Furnace Atmospheres«
Journal of the Iron and Steel Institute, april 1957
2. A. Gueussier: »Étude expérimentale de la déformation à chaud des aciers et alliages«
Revue de Metallurgie, november 1958
3. W. McDowell: »The Hot Working of the Austenitic Stainless Steel«
Blast Furnace and Steel Plant, november 1965

ZUSAMMENFASSUNG

Beim Walzen der nichtrostenden Stähle des Types 18/8, besonders aber beim walzen der Blöcke, kam oftmals zum reissen der Blockoberfläche. Die Risse waren mehr oder weniger tief und sind quer zu der Blockachse entstanden. Die Ursachen für diese Rissigkeit suchten wir in der Plastizität des Stahles in der Technologie der Aufwärmung und vor allem in der Zusammensetzung der Ofenabgase.

Die Plastizität des Stahles haben wir mittels der Warmtorsionsversuche im Temperaturinterwal von 800 bis 1250° C untersucht. Diese Untersuchungen zeigten, dass der Stahl bei der Temperatur über 1100° C eine genügende Plastizität besitzt.

Den Einfluss der Ofenabgase auf die Rissigkeit beim walzen haben wir in den Gasgemischen mit einer Zusam-

mensetzung von 0 bis 5 % Sauerstoff und 0 bis 0,6 % SO₂ untersucht. Die Untersuchungen sind bei den Temperaturen 1000°, 1250° und 1300° C, und in einem Zeitabstand von 60 bis 300 Minuten durchgeführt worden. Die Dicke der oxydierten Schicht bzw. die Einbrandtiefe ist metallografisch bestimmt worden.

Die Untersuchungen zeigten, dass ein steigender Gehalt an Sauerstoff in einer Sauerstoff-Stickstoff Atmosphäre einen grossen Einfluss auf die Entstehung des Zunders und die Art der Oxydation ausübt. Der Einfluss des SO₂ ist sehr stark in neutralen Abgasen, in welchen eine intensive Oxydation auf den Korngrenzen verläuft. Der Einfluss des SO₂ ist unbedeutend in oxydischen Abgasen, wenn die auch nur einen geringen Sauerstoffüberschuss enthalten.

SUMMARY

In rolling 18/8 stainless steel, especially in rolling ingots, often more or less deep cracks perpendicular to the direction of deformation were found. Reasons for the mentioned cracking was sought in steel plasticity, heating technology, and above all in composition of stack gases.

Steel plasticity was determined by torsion and by tension tests in temperature range 800 to 1250° C. These tests showed that steel has enough high plasticity at 1100° C.

Influence of the atmosphere on oxidation of the surface or cracking during rolling was checked in gas mixtures with oxygen content 0 to 5 % and SO₂ content 0 to

0,6 %. Investigations were made at 1000, 1250 and 1300° C. Times of heating ranged from 60 to 300 minutes.

Thickness of the oxide layer or the depth of burnt surface was determined metallographically.

Results of investigations showed that increasing oxygen content together nitrogen has great influence on scale formation and on the form of oxydation. Influence of SO₂ is very high in neutral atmospheres in which intensive oxydation on grain boundaries takes place. Influence of SO₂ is negligible in oxidizing atmospheres though slight oxygen excess is present.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При прокатки нержавеющей стали марки 18/8, в особенности при прокатки слитков, часто на поверхности прокатного изделия обнаружены менее или более глубокие трещины которые находятся под прямым углом направления прокатывания. Причины происхождения упомянутых трещин искали в пластичности стали, в технологии нагревания и, в особенности, в составе дымовых газов.

Пластичность стали определена при помощи кручения и разрыванию при темп-ах между 800—1250° Ц. Это исследование указало, что при темп-ре свыше 1100° Ц сталь имеет достаточно хорошую способность пластичной формовки. Влияние атмосферы на появление трещин от пережога исследовали в смеси

газов с содержанием кислорода в пределах 0—5% и CO₂ в пределах 0—0.6%. Это исследование велось при темп-ах от 1000, 1250 и 1300° Ц а длительность разогрева была между 60 и 300 мин-ми. Толщина оксидного слоя т. э. глубина пережога определена металлографическим способом. Результаты исследования показали, что на появление отжиговой окалин и на форму окисления имеет повышенное содержание кислорода в том случае когда параллельно с этим обнаружено повышение азота. Влияние CO₂ весьма значительно в нейтральной атмосфере при которой происходит интенсивное окисление на границах зёрен. В окислительной атмосфере влияние CO₂ незначительно, также если в газе небольшой избыток кислорода.