

ŽELEZARSKI ZBORNIK

VSEBINA	Stran
Razinger Anton — Merkur Kranj ORGANIZACIJA GOSPODARJENJA Z ŽALOGAMI METALURŠKIH PROIZVODOV V POGOJIH POVEČANE NE-STABILNOSTI OKOLJA	133
Macur Vladimir, A. Lesnik — Železarna Ra-vne TEHNOLOŠKI NAČINI OBRATOVANJA 45 t EAF-VAD	141
Marinšek Filip — Železarna Jesenice F. Vodopivec — Metalurški inštitut Ljubljana PRIMERJAVA KLASIČNO IN KONTINUIRANO VLITIH JE-KEL ZA NEORIENTIRANE ELEKTRO PLOČEVINE	145
Torkar Matjaž, D. Kmetič, F. Vodopi-vec, J. Žvokelj — Metalurški inštitut Ljubljana PREOBlikovalna TRDNOST ZLITINE NIMONIC 80 A V VROČEM	155
Tehnične novice	
Šuštaršič Borivoj, J. Rodič — Metalurški inštitut Ljubljana AMORFNE KOVINE IN TEHNOLOGIJA HITREGA STRJE-VANJA NA METALURŠKEM INŠTITUTU V LJUBLJANI	159
Legat France — Veriga Lesce J. Žvokelj — Metalurški inštitut Ljubljana NORMALIZACIJSKO ŽARJENJE VERIG	165

LETO 23 ŠT. 4 — 1989

ŽEZB BQ 23 (4) 133—172 (1989)



ŽELEZARSKI ZBORNIK

Izdajajo skupno Železarne Jesenice, Ravne, Štore in
Metalurški inštitut Ljubljana

UREDNIŠTVO

Glavni in odgovorni urednik: J. Arh

Uredniški odbor: A. Kveder, J. Rodič, A. Paulin,
F. Grešovnik, F. Mlakar, K. Kuzman, J. Jamar

Tehnični urednik: J. Jamar

Lektor: R. Razinger

Prevodi: A. Paulin, N. Smajić (angleški jezik), J. Arh
(nemški jezik), P. Berger (ruski jezik)

NASLOV UREDNIŠTVA: Železarski zbornik,
SŽ-Železarna Jesenice, 64270 Jesenice, Yugoslavia

TISK: Gorenjski tisk, Kranj

IZDAJATELJSKI SVET:

prof. dr. M. Gabrovšek (predsednik), Železarna Jesenice
dr. B. Brudar, Iskra, Kranj

prof. dr. V. Čižman, Univerza v Ljubljani

prof. dr. D. Drobnjak, Univerza v Beogradu

prof. dr. B. Koroušič, Metalurški inštitut Ljubljana

prof. dr. L. Kosec, Univerza v Ljubljani

prof. dr. J. Krajcar, Metalurški inštitut Sisak

prof. dr. A. Križman, Univerza v Mariboru

dr. K. Kuzman, Univerza v Ljubljani

dr. A. Kveder, Metalurški inštitut v Ljubljani

prof. dr. A. Paulin, Univerza v Ljubljani

prof. dr. Z. Pašalić, Železarna Zenica

prof. dr. C. Pelhan, Univerza v Ljubljani

prof. dr. V. Prosenc, Univerza v Ljubljani

prof. dr. B. Sicherl, Univerza v Ljubljani

dr. N. Smajić, Metalurški inštitut v Ljubljani

prof. dr. J. Sušnik, Zdravstveni dom Ravne

dr. L. Vehovar, Metalurški inštitut Ljubljana

prof. dr. F. Vodopivec, Metalurški inštitut Ljubljana

Published jointly by the Jesenice, Ravne and Štore
Steelworks, and The Institute of Metallurgy Ljubljana

EDITORIAL STAFF

Editor: J. Arh

Associate Editors: A. Kveder, J. Rodič, A. Paulin,
F. Grešovnik, F. Mlakar, K. Kuzman, J. Jamar

Production editor: J. Jamar

Lector: R. Razinger

Translations: A. Paulin, N. Smajić (English), J. Arh
(German), P. Berger (Russian)

EDITORIAL ADDRESS: Železarski zbornik,
SŽ-Železarna Jesenice, 64270 Jesenice, Yugoslavia

PRINT: TK Gorenjski tisk, Kranj

EDITORIAL ADVISORY BOARD:

prof. dr. M. Gabrovšek (Chairman), Iron and Steel
Works, Jesenice

Dr. B. Brudar, Iskra, Kranj

Prof. Dr. V. Čižman, University of Ljubljana

Prof. Dr. D. Drobnjak, University of Belgrade

Prof. Dr. B. Koroušič, Institute of Metallurgy, Ljubljana

Prof. Dr. L. Kosec, University of Ljubljana

Prof. Dr. J. Krajcar, Institute of Metallurgy, Sisak

Prof. Dr. A. Križman, University of Maribor

Dr. K. Kuzman, University of Ljubljana

Dr. A. Kveder, Institute of Metallurgy, Ljubljana

Prof. Dr. A. Paulin, University of Ljubljana

Prof. Dr. Z. Pašalić, Iron and Steel Works, Zenica

Prof. Dr. C. Pelhan, University of Ljubljana

Prof. Dr. V. Prosenc, University of Ljubljana

Prof. Dr. B. Sicherl, University of Ljubljana

Dr. N. Smajić, Institute of Metallurgy, Ljubljana

Prof. Dr. J. Sušnik, Health Centre, Ravne

Dr. L. Vehovar, Institute of Metallurgy, Ljubljana

Prof. Dr. F. Vodopivec, Institute of Metallurgy, Ljubljana

ŽELEZARSKI ZBORNIK

IZDAJAJO ŽELEZARNE JESENICE, RAVNE, ŠTORE IN METALURŠKI INŠTITUT

LETO 23

LJUBLJANA

DECEMBER 1989

Vsebina	Stran	Inhalt	Seite	Contents	Page	Содержание	Страница
A. Razinger Organizacija gospodarjenja z zalogami metalurških proizvodov v pogojih povečane nestabilnosti okolja	133	A. Razinger Bewirtschaftung von Vorräten metallurgischer Produkte unter den Bedingungen grösser Unstabilität der Umwelt	133	A. Razinger Stock Management with Metallurgical Products in Conditions of Increased Economical Instability	133	A. Razinger Хозяйство с запасами металлургических продуктов при условиях неустойчивости среды.	133
UDK: 339.14:338.57:519.8:669.015.8 ASM/SLA: A4q, A5, U4k, 10-52		UDK: 339.14:338.57:519.8:669.015.8 ASM/SLA: A4q, A5e, U4k, 10-52		UDK: 339.14:338.57:519.8:669.015.8 ASM/SLA: A4q, A5e, U4k, 10-52		UDK: 339.14:338.57:519.8:669.015.8 ASM/SLA: A4q, A5e, U4k, 10-52	
V. Macur, A. Lesnik Tehnološki načini obratovanja 45 t EAF-VAD	141	V. Macur, A. Lesnik Technologische Leistung des Betriebes einer 45 t LBO-VAD Anlage	141	V. Macur, A. Lesnik Technological Effects of Operation of 45 T EAF-VAD Set	141	V. Macur, A. Lesnik Технологическая деятельность работы 45 т ЭАФ-ВАД способами.	141
UDK: 669.187.012 ASM/SLA: D5g, D8, A5f, A4s		UDK: 669.187.012 ASM/SLA: D5g, D8, A5f, A4s		UDK: 669.187.012 ASM/SLA: D5g, D8, A5f, A4s		UDK: 669.187.012 ASM/SLA: D5g, D8, A5f, A4s	
F. Marinšek, F. Vodopivec Primerjava klasično in kontinuirno vlitih jekel za neorientirane elektro pločevine	145	F. Marinšek, F. Vodopivec Ein Vergleich der in Brammenkokilen vergossener und Stranggegossener Stähle für nichtorientierte Elektrobleche	145	F. Marinšek, F. Vodopivec Comparison of Standard and Continuously Cast Steel for Not-Oriented Electrical Steel	145	F. Marinšek, F. Vodopivec Сравнение классической и непрерывно отлитой неориентировочной электростали.	145
UDK: 669.14.018.583-418:620.192.45:621.746.074/22 ASM/SLA: D9p, D9q, SGAn, 4-53, P15g, 9-69		UDK: 669.14.018.583-418:620.192.45:621.746.074/22 ASM/SLA: D9p, D9q, SGAn, 4-53, P15g, 9-69		UDK: 669.14.018.583-418:620.192.45:621.746.074/22 ASM/SLA: D9p, D9q, SGAn, 4-53, P15g, 9-69		UDK: 669.14.018.583-418:620.192.45:621.746.074/22 ASM/SLA: D9p, D9q, SGAn, 4-53, P15g, 9-69	
M. Torkar, D. Kmetič, F. Vodopivec, J. Žvokelj Preoblikovalna trdnost zlitine Nimonic 80 A v vročem	155	M. Torkar, D. Kmetič, F. Vodopivec, J. Žvokelj Verformungsfestigkeit der Legierung Nimonic 80 A im warmen Zustand	155	M. Torkar, D. Kmetič, F. Vodopivec, J. Žvokelj Yield Stress for Hot Working of Nimonic 80 A Alloy	155	M. Torkar, D. Kmetič, F. Vodopivec, J. Žvokelj Преобразовательная твердость никелевого сплава 80 А в горячем состоянии.	155
UDK: 621.771.016.2:669.245 ASM/SLA: F2, W13q, Nib, 1-64, SGah, 1-54		UDK: 621.771.016.2:669.245 ASM/SLA: F2, W13q, Nib, 1-64, SGah, 1-54		UDK: 621.771.016.2:669.245 ASM/SLA: F2, W13q, Nib, 1-64, SGah, 1-54		UDK: 621.771.016.2:669.245 ASM/SLA: F2, W13q, Nib, 1-64, SGah, 1-54	
Tehnične novice	159	Technische Nachrichten	159	Technical News	159	Технические новости	159



L. S. B. O. H. A. I. K.

IN METALLURGY

No. 1000000

CONTENTS

1	1	1
2	2	2
3	3	3
4	4	4
5	5	5
6	6	6
7	7	7
8	8	8
9	9	9
10	10	10
11	11	11
12	12	12
13	13	13
14	14	14
15	15	15
16	16	16
17	17	17
18	18	18
19	19	19
20	20	20
21	21	21
22	22	22
23	23	23
24	24	24
25	25	25
26	26	26
27	27	27
28	28	28
29	29	29
30	30	30
31	31	31
32	32	32
33	33	33
34	34	34
35	35	35
36	36	36
37	37	37
38	38	38
39	39	39
40	40	40
41	41	41
42	42	42
43	43	43
44	44	44
45	45	45
46	46	46
47	47	47
48	48	48
49	49	49
50	50	50
51	51	51
52	52	52
53	53	53
54	54	54
55	55	55
56	56	56
57	57	57
58	58	58
59	59	59
60	60	60
61	61	61
62	62	62
63	63	63
64	64	64
65	65	65
66	66	66
67	67	67
68	68	68
69	69	69
70	70	70
71	71	71
72	72	72
73	73	73
74	74	74
75	75	75
76	76	76
77	77	77
78	78	78
79	79	79
80	80	80
81	81	81
82	82	82
83	83	83
84	84	84
85	85	85
86	86	86
87	87	87
88	88	88
89	89	89
90	90	90
91	91	91
92	92	92
93	93	93
94	94	94
95	95	95
96	96	96
97	97	97
98	98	98
99	99	99
100	100	100

Organizacija gospodarjenja z zalogami metalurških proizvodov v pogojih povečane nestabilnosti okolja

Anton M. Razinger*

UDK: 339.14:338.57:519.8:669.015.8
ASM/SLA: A4q, A5e, U4k, 10-52

Analitične raziskave, ki dajejo smernice za čimbolj smotrno gospodarjenje z zalogami, so zasnovane interdisciplinarno in interaktivno. Upoštevali smo značaj nabavnega in prodajnega trga v smislu komercialnih, logističnih in finančnih aktivnosti. Na osnovi časovne vrednosti vezanih sredstev v zalogah so izvedene zakonitosti, ki veljajo za povprečne zaloge in najdaljši možni čas držanja zalog.

Gospodarjenje z zalogami, ki ga terja čas povečane nestabilnosti okolja, zahteva tesnejše sodelovanje med proizvajalci-dobavitelji in trgovino. Najbolj pereča je problematika načrtovanja nabavnih procesov, ki je danes zelo pomanjkljivo ali pa celo popolnoma odsotno.

1. ORIS PROBLEMA

Družbena in gospodarska kriza, ki se odraža v stagnaciji proizvodnje in potrošnje, deformiranih blagovnih in denarnih tokovih, razrahljanih poslovnih običajih, visoki in često popolnoma nekontrolirani inflaciji cen in stroškov, ima močan odraz v poslovanju trgovine. Okolje, v katerem so prisotne pogoste predvidljive in nepredvidljive spremembe pogojev poslovanja, normativizem ter velikokrat nelogični in nekoristni restriktivni ukrepi, so oslabil ekonomski položaj trgovine, da le-ta vse bolj nezadovoljivo opravlja svojo osnovno nalogo veznega člana med proizvodnjo in potrošnjo. V takšnih pogojih pomeni obvladovanje zalog trgovskega blaga s stališča stroškov držanja le-teh kritično funkcijo upravljanja, minimizacija stroškov angažiranega kapitala pa cilj, h kateremu težj sleherni urejeno trgovsko podjetje. Postavljeni cilj je mogoče doseči na način, po katerem skrajšamo čas angažiranosti kapitala v procesu trgovskega posla in/ali pa, da vežemo manjši obseg kapitala v zalogah.¹⁾

V stabilnih gospodarskih razmerah je težišče dela na minimizaciji obsega vloženi sredstev.²⁾ Ta politika, ki se opira na reševanje ključnih problemov v procesu nabave trgovskega blaga, ima osnovo v zanesljivih ocenah dobavnih časov, dobavi brez motenj ter na poznavanju trendov bodočega povpraševanja. Na teh osnovah so zgrajena številna teoretična in empirična orodja, s pomočjo katerih se rešujejo problemi minimizacije stro-

škov držanja zalog trgovskega blaga, upoštevajoč pri tem tudi zahtevani nivo založenosti, kar je eden najbolj pomembnih dejavnikov poslovne politike.³⁾ Uspešnost takšne strategije, ki je tudi zelo selektivna do vseh udeležencev v prometu, se odraža v hitrem pretoku blaga in sredstev, kar rezultira k stalnemu kvalitetnemu razvoju trgovinske dejavnosti v razvitem svetu.

Uporaba znanega in v svetu uveljavljenega instrumentarija za oblikovanje politike minimalnih vlaganj v zaloge je v razmerah povečane nestabilnosti okolja zelo omejena, in sicer zato, ker s potrebno mero zanesljivosti ni mogoče uporabiti nobene od vplivnih veličin, potrebnih za izračun, ki naj da sprejemljiv odgovor na ključno vprašanje, **kdat in koliko naročiti.**⁴⁾

Okolje povečane nestabilnosti pogojuje glede strategije minimizacije stroškov kapitala zelo nasprotujoča si gledanja, ki večkrat izzovejo konfliktno situacijo znotraj trgovskega podjetja in v okolju. Lahko trdimo, da je v danih okoliščinah bolj privlačno in učinkovito doseganje kratkoročnih efektov, doseženih na osnovi spretnega tolmačenja stalno se spreminjajoče družbenopolitične regulative, kot pa vztrajno delo pri oblikovanju nabavnih, prodajnih, finančnih in logističnih procesov, ki naj ob stalnem izpopolnjevanju znanja o asortimentu in zalogah ter njihovem vplivu na gospodarjenje s sredstvi privedejo do minimizacije stroškov kapitala.

Izhajajoč iz spoznanja, da vendar še nismo pričali takšnim pogojem gospodarjenja, ko ne bi veljala nikakršna pravila obnašanja in vsaj osnovne ekonomske zakonitosti, se proučevanju kazalnikov kakovostnega gospodarjenja z zalogami ne moremo in ne smemo izogniti tudi zato, da jih bomo znali in mogli uveljaviti takrat, ko bo to mogoče.

Specifičnost trgovine kot gospodarske panoge, njena odprtost v okolje in s tem pogojena odvisnost od zunanjih dejavnikov terja iskanje rešitev rentabilnosti poslovanja na osnovi minimizacije stroškov angažiranega kapitala, predvsem v skrajševanju pretočnega časa blagovnih in denarnih tokov. To pa zahteva povečanje koeficienta obračanja zalog in zmanjšanje terjatev. Na ta način sproščena sredstva predstavljajo najbolj kvaliteten vir za povečanje obsega prometa in s tem povečanje dohodka.

* dr. Anton M. Razinger, mag. dipl. ing. met. — Merkur, Trgovina in storitve, Kranj

** Originalno publicirano: ŽZB 23(1989)4

*** Rokopis prejet: september, 1989

Organizacija gospodarjenja z zalogami, ki je zasnovana izključno na doseganju visokega koeficienta obračanja agregiranih zalog, sicer vodi k minimizaciji cene kapitala, ne pa tudi k optimizaciji zalog trgovskega blaga. Zavedati se je potrebno, da stihijsko povečanje koeficienta obračanja zalog pelje k zavestnemu slabšanju poslovnih odnosov z dobavitelji in kupci, saj terja omejeno nabavo in slabi ponudbo, kar ob nujnem zmanjševanju renomeja odpira prostor konkurenci. Stroški, ki so nujno povezani s takšno politiko, pri nas še niso predmet poglobljenega proučevanja, to pa je tudi določen odraz okolja povečane nestabilnosti.

Proučevanje organizacije gospodarjenja z zalogami metalurških proizvodov je še posebej pomembno iz dveh osnovnih razlogov, saj gre v večini primerov za obsežne posle, družbeno priznana nadomestilo za stroške trgovine (marža) pa je predpisano na zelo nizkem nivoju.

Značaj proizvodnje metalurških proizvodov in tudi večinoma monopolni oziroma oligopolni položaj dobaviteljev teh proizvodov ne dopušča trgovini drobljenja količin pri posameznih nabavah, še manj pa izbiranje trenutno konjunkturalnih artiklov. Težak gospodarski položaj dobaviteljev-proizvajalcev metalurških proizvodov določa trgovini ves čas tudi rigorozne nabavne pogoje.

S stališča gospodarjenja z zalogami je posebej problematično pogosto nespoštovanje dogovorjenih asortimentov in že tako dovolj ohlapno postavljenih dobavnih rokov ali pa celo nezanesljivost dobav.

Takšno stanje na nabavnem trgu, ki seveda izključuje zanesljivo načrtovanje nabavnih procesov, pa tudi velik nered na prodajnem tržišču pogojuje visoko stopnjo rizičnosti trgovskih poslov z metalurškimi proizvodi v pogledu doseganja donosnosti le-teh.

Visoka cena kapitala ter pomanjkanje lastnih obratnih sredstev silijo trgovino k zmanjševanju naročilnih količin ali povečanju tranzitnih poslov, s čimer želimo doseči znižanje ali eliminacijo zalog. Takšna politika, ki navadno ni usklajena med proizvodnjo in potrošnjo, ustvarja določeno napetost med trgovino in dobavitelji.

Občutljivo področje organizacije gospodarjenja z zalogami zahteva v primeru metalurških proizvodov prav posebno pozornost, predvsem pa večje medsebojno razumevanje problemov proizvodnje in trgovine v smislu obvladovanja stroškov zalog, pa tudi zadovoljive oskrbe tržišča.

2. METODOLOŠKI PRISTOP

Pristop, na katerem je zasnovana organizacija gospodarjenja z zalogami v trgovini, bazira na konsistentnosti finančne politike s poslovno politiko do zalog, po kateri ne sme biti ovir za vlaganje v zaloge trgovskega blaga, ki se hitro obračajo, pa tudi ne v strokovno utemeljen in strogo kontroliran obseg zalog, ki se slabo obračajo, so pa pomembne za še sprejemljiv nivo ponudbe celovitega prodajnega asortimenta.

Ocena zadostnosti hitrosti pretoka, izraženega s koeficientom obračanja, izhaja iz zahtevane donosnosti posamičnih in agregiranih trgovskih poslov. Le-ta je, upoštevajoč značilnosti obravnavanega asortimenta, rezultat doseženega koeficienta obračanja zalog trgovskega blaga in realiziranih pogojev plačanja v prilivih in odlivih denarnih sredstev.

Politika zalog je v pogledu materialnega poslovanja zasnovana na principu upravljanja z izjemami, to je na ukrepih za znižanje slabo idočih zalog. Vsebinska opredelitev zalog v materialnem poslovanju je podana na bazi smiselne lastnosti, ki z dinamičnega vidika ponazarja

»vrednostni naboj«, lasten slehernemu artiklu, ki v opazovanem obdobju leži v skladišču. Relacija stroge linearne urejenosti artiklov na zalogi glede na koeficiente obračanja le-teh razdeli množico artiklov glede na neki mejni koeficient obračanja zalog (k^0), na **dobro idoče in slabo idoče zaloge**. Temeljno vprašanje organizacije gospodarjenja z zalogami se torej nanaša na opredelitev k^0 . Območje opazovanja zalog je zato iz čistega materialnega pretoka potrebno razširiti na celoten sistem dogodkov in dejavnosti, ki v trgovskem poslu nastopajo, za ocenjevanje vpliva parametrov zaloge pa upoštevati vse elemente materialnega in denarnega toka.

Takšen dinamičen pristop je mogoče uveljaviti na način, po katerem namensko vlaganje v zaloge obravnavamo kot kratkoročni investicijski projekt. Izhajajoč iz splošno veljavnih sodil za poslovno učinkovitost investicije⁵⁾ na osnovi diskontiranja denarnega toka, ocenjujemo gospodarjenje z zalogami na osnovi dobiti, ki je izkazana po končanem trgovskem poslu. Gre torej za pogled na zaloge, ki vključuje vpliv notranjih in zunanjih pogojev poslovanja trgovine.

Opredelimo kot notranje pogoje vse tiste elemente poslovanja, na katere ima vpliv delo in organizacija samega trgovskega podjetja, le-te naj reprezentira koeficient obračanja, kot zunanje pogoje pa vse tiste, ki so dani v času in okolju kot marža, cena kapitala, cena artiklov, nabavni pogoji.

Izhajamo iz predpostavke, da ima v relevantnih stroških trgovskega posla dominanten vpliv prav strošek držanja zalog. Na osnovi ustreznih priporočil iz literature, ki sicer ne obravnava organizacije gospodarjenja z zalogami v pogojih hiperinflacije, mora diskontna stopnja vsebovati tudi določen delež stroškov, ki izhajajo iz rizičnosti posla.²⁾



Slika 1:
Model elementarnega trgovskega posla
Fig. 1
Model of elementary commercial business

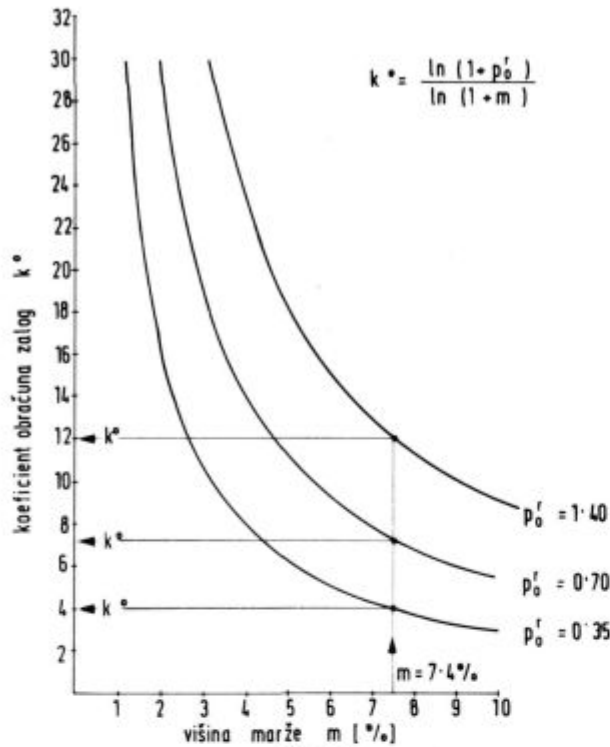
Osnovne zakonitosti, ki izhajajo iz časovne vrednosti vezanih sredstev v zalogah, opredelimo v elementarnem modelu posamičnega trgovskega posla (slika 1). Model takšnega posla sestavljata dva ključna dogodka: nabava in prodaja ter dejavnost ležanja zaloge na skladišču (pogoji plačanja v nabavi in prodaji so seveda enaki). Iščemo odvisnost koeficienta obračanja zaloge od višine marže (m) pri bazni diskontni stopnji (p_0^0), ki je določena na osnovi družbeno priznane cene denarnih sredstev.

Analične raziskave na elementarnem modelu tako privedejo do opredelitve mejnega koeficienta obračanja zaloge (k^0) pri dani višini marže. Le-ta je podan z izrazom:

$$k^0 = \frac{\ln(1 + p_0^0)}{\ln(1 + m)} \quad 1$$

Tako izražen mejni koeficient obračanja zaloge trgovskega blaga ustreza seveda ničelni sedanji vrednosti trgovskega posla.

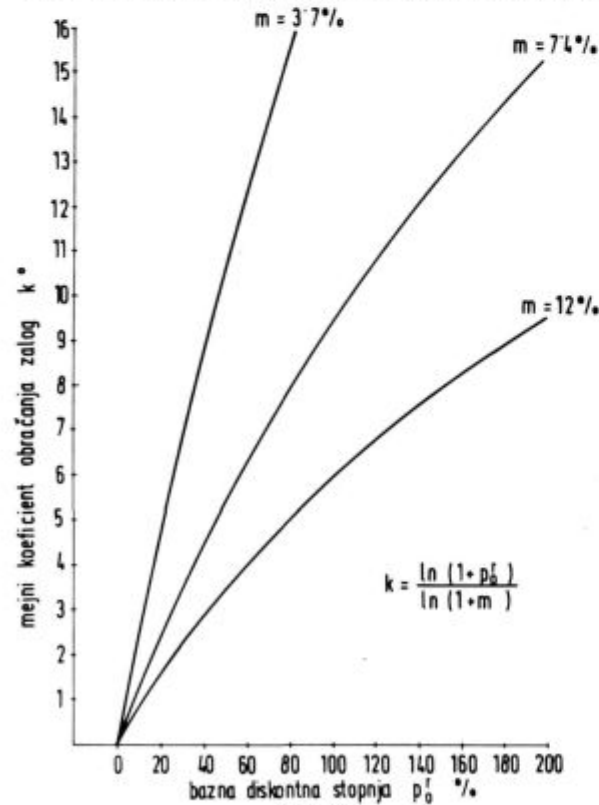
Funkcijska odvisnost mejnega koeficienta obračanja zaloge (k^0) od višine marže je podana na sliki 2. Na osnovi tako dobljene mejne črte donosnosti se posamični elementarni trgovski posli glede na doseženi koeficient obračanja zaloge (k) opredelijo kot **donosni** ($k \geq k^0$) ter **nedonosni** ($k < k^0$). Kritičnost mejnega koefi-



Slika 2: Mejne črte donosnosti elementarnega trgovskega posla

Fig. 2

Limits of profitableness of elementary commercial business



Slika 3:

Odnos med k^0 in p'_0 pri značilnih nivojih predpisanih m za proizvode črne in barvne metalurgije

Fig. 3

Relationship between k^0 and p'_0 at various prescribed levels (m) for products of ferrous and nonferrous metallurgy

cienta obračanja zaloge k^0 , ki se seveda nelinearno povečuje z naraščanjem p'_0 , je tem bolj izrazita, čim nižja je marža (m). Odnos med mejnim koeficientom obračanja zaloge (k^0) ter uporabljeno višino bazne diskontne stopnje (p'_0) je prikazan na **sliki 3**. Posamezne višine marže (m) predstavljajo območje gibanja tega družbeno priznanega nadomestila za stroške v prometu s proizvodi črne metalurgije v zadnjih desetih letih. Šele v letu 1989 je bila »sproščena« marža za proizvode barvne metalurgije, ki pa je bila v preteklih letih vedno predpisana na nivoju pod 4 %.

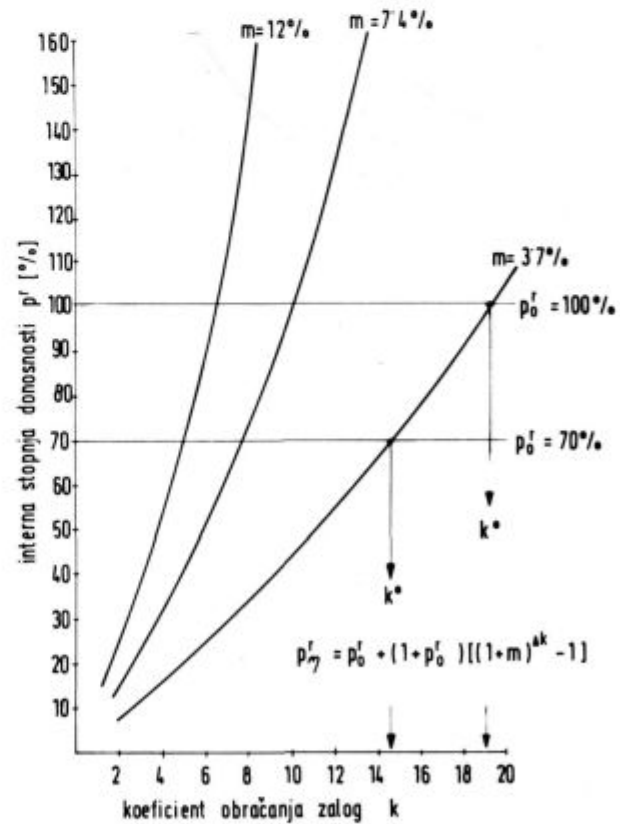
Na osnovi analitičnega proučevanja vpliva doseženega koeficienta obračanja zaloge na rezultirajočo stopnjo donosnosti elementarnega trgovskega posla (p') smo prišli do analitičnega izraza, ki omogoča spremljanje učinka sprememb v notranjih pogojih dela, izraženih s $\Delta k = k - k^0$.

Ta elementarni izraz za p' zapišemo:

$$p' = p'_0 + (1 + p'_0)/(1 + m)^{\Delta k} - 1 \quad 2$$

Za posamezne višine marž, ki so značilne v trgovini s proizvodi črne in barvne metalurgije, je na **sliki 4** prikazana funkcijska odvisnost p' in k . Mejni koeficient obračanja zaloge je podan s presečiščem dane funkcijske odvisnosti z absciso, katere lega ustreza bazni diskontni stopnji p'_0 .

Pri pogojih, kakršne smo predvideli v elementarnem trgovskem poslu, lahko obravnavani relevantni strošek, strošek držanja zaloge, pokrivamo le iz razlike med prodajno in nabavno vrednostjo blaga, ki jo določa višina



Slika 4:

Vpliv doseženega koeficienta obračanja k na rezultirajočo interno stopnjo donosnosti p'

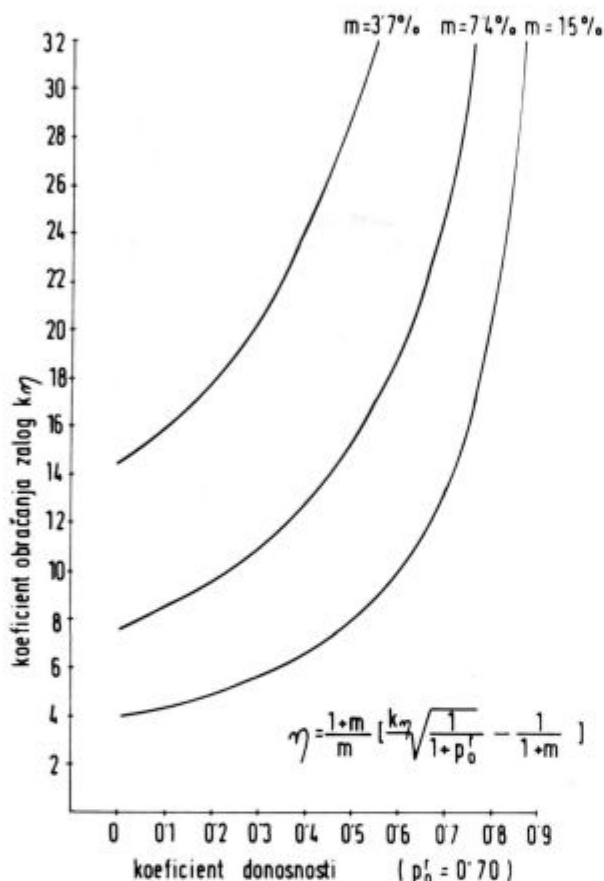
Fig. 4

Influence of the achieved turnover coefficient k on the resulting internal degree of profitableness p'

marže. Opredelimo donosnost trgovskega posla (η) z deležem tako izražene bruto razlike v ceni, ki ostane, ko v oportunitetnem smislu v celoti pokrijemo stroške držanja zaloge. Analitični izraz, ki povezuje vplivne veličine elementarnega trgovskega posla glasi:

$$\eta = \frac{1+m}{m} \left[\sqrt{\frac{k_{\eta}}{1+p'_0}} - \frac{1}{1+m} \right] \quad 3$$

k_{η} — zahtevani koeficient obračanja zaloge



Slika 5:

Odvisnost koeficienta obračanja zaloge od zahtevane donosnosti v elementarnem trgovskem poslu

Fig. 5

Dependance of the coefficient of stock turnover on the demanded profitableness of elementary commercial business

Na osnovi navedenega izraza (3) je dana možnost načrtovanja in nadziranja učinkov mobilnosti zaloge na doseženi ali načrtovani koeficient donosnosti elementarnega trgovskega posla v danih zunanjih pogojih dela.

S slike 5, kjer je grafično prikazana odvisnost obravnavanih vplivnih veličin, je nazorno razvidno, kako se v pogojih, značilnih za okolje povečane nestabilnosti, oži prostor za smotno organizacijo gospodarjenja z zalogami metalurških proizvodov, saj postajajo zahtevani koeficienti obračanja zaloge praktično že skoraj nedosegljivi.

Nesmiselno ali celo škodljivo bi bilo opuščati posamezne artikle oziroma delne asortimente, kjer že zaradi samega značaja proizvodnje ali pa posebnosti na prodajnem trgu ni mogoče doseči vsaj k^0 . Izraz za donos-

nost (3) omogoča na osnovi metode linearnega programiranja optimizacijo proučevanega osnovnega asortimenta. V okviru tržnih možnosti določimo na osnovi višine m cene artiklov c_i ter realno dosegljivega k najbolj ustrezen količinski nivo prodajnega asortimenta, ki mu ustreza optimalni koeficient donosnosti.

Ker takšna informacija bazira na proučevanju elementarnega modela trgovskega posla, jo je obravnavati le kot usmeritev pri oblikovanju politike asortimentov v kvalitativnem in kvantitativnem smislu.

Tabela 1: Parametri elementarnega trgovskega posla

Table 1 Parameters of elementary commercial business

p'_0 %	30,0	60,0	100,0	145,0
k	12,0	12,0	12,0	12,0
η	0,69	0,44	0,18	0,0
k^0	3,7	6,6	9,7	12,5
Δk	8,3	5,4	2,3	- 0,5
p^0 %	136,0	136,0	136,0	136,0
F	426,0	426,0	426,0	426,0

p'_0 %	30,0	60,0	100,0	145,0
k	7,5	13,4	19,8	25,6
η	0,5	0,5	0,5	0,5
k^0	3,7	6,6	9,7	12,5
Δk	3,8	6,8	10,1	13,1
p^0 %	70,6	160,0	310,0	520,0
F_{η}	683,0	381,0	258,0	200,0

p'_0 %	100,0	100,0	100,0	100,0
k_{η}	9,7	13,1	19,8	40,0
η	0,0	0,25	0,5	0,75
k^0	9,7	9,7	9,7	9,7
Δk	0,0	3,4	10,1	30,3
F_{η}	100,0	154,0	310,0	1620,0
F_{η}	526,0	391,0	258,0	128,0

Informacija, podana v tabelarni obliki (Tabela 1) kaže medsebojne vplive proučevanih parametrov elementarnega trgovskega posla na primeru asortimenta proizvodov črne metalurgije, kjer je predpisana višina $m = 7,4$ %.

Nazorno je prikazana velika občutljivost teh poslov na spremembe pogojev gospodarjenja, ki se odražajo v naraščanju cene kapitala (p'_0) ali pa v različnih zahtevah po donosnosti poslov (η) kot odraz vse večjih družbenih obveznosti trgovine. Iluzorno je pričakovati, da bi se trgovina lahko tolikšnim zahtevam prilagodila sama, brez večjih posledic na nabavnem in prodajnem trgu.

V realnem okolju imamo seveda opravka s kompleksnimi trgovskimi posli, v katerih sočasno potekajo komercialne, logistične in finančne aktivnosti. Za analitično obdelavo je takšen projekt mogoče ponazoriti z množico dogodkov in dejavnosti, ki jih na osnovi logičnih povezav in časovnih odvisnosti povežemo od ugotovljene potrebe do končne realizacije trgovskega posla (v smislu plačila).

Na osnovi teorije⁸⁾, ki smo jo razvili na elementarnem modelu trgovskega posla, tudi v primeru kompleksnega

trgovskega posla, na osnovi diskontiranja denarnega toka izpeljemo izraz za donosnost (η) kot funkcijo cene kapitala (p_0^c), marže (m), časa držanja zaloge (T) ter načina in pogojev plačanja v nabavi in prodaji, to je v odlivu in prilivu denarnih sredstev. Z vidika problematike organizacije gospodarjenja z zalogami je tako dana možnost, da posamezni kompleksni trgovski posel obravnavamo kot celoto, odvisno od tega, kakšne informacije potrebujemo in v katerem segmentu želimo ali pa moramo ukrepati.

Izraz za donosnost je v primeru kompleksnega trgovskega posla definiran z maržo (m) ter koeficienti sedanje vrednosti odliva (nabava) denarnih sredstev (ω), vrednosti zalog (χ) ter plačanja v prilivu (prodaji) (ξ).

$$\eta = \frac{1+m}{m} \left(\xi \cdot \chi - \frac{1}{1+m} \omega \right) \quad 4$$

$\tau = \xi \cdot \chi$ — sedanja vrednost odliva denarnih sredstev

V tako kompleksno definiranem trgovskem poslu je raziskava usmerjena k iskanju najdaljšega možnega časa držanja zaloge ($T\eta$), ki ob danih zunanjih pogojih zagotavlja doseganje potrebne donosnosti. Čas držanja zaloge je definiran kot obdobje, v katerem je **trgovina dejansko tudi lastnik zaloge** in jo le-ta v oportunistnem smislu tudi bremeni. Analitični izraz za najdaljši dopustni čas držanja zaloge nam pokaže že poznani vpliv marže M ter pogojev plačanja v odlivu D in prilivu K . Povezanost navedenih parametrov je podana z izrazom:

$$T\eta = M + (D - K) \quad 5$$

Na osnovi takšne informacije išče trgovina glede na še dopustni čas držanja zaloge najugodnejšega dobavitelja (seveda, če je to sploh mogoče). Informacijo pa lahko oblikujemo tudi v obratni smeri, tako da iščemo najbolj ugodne prodajne pogoje, če nam pogoji tržišča to dovoljujejo.

Določene možnosti prilagajanja zaostrenim pogojem gospodarjenja so dane tudi s samo dinamiko sukcesivne prodaje, kar pa je v največji meri pogojeno prav z ustreznim načrtovanjem procesa nabave.

3. SKLEPNE MISLI

Nedvoumno je spoznanje, da je organizacija gospodarjenja z zalogami v trgovini interdisciplinaren ter interaktiven problem, ki zadeva tako trgovino kot dobavitelje — proizvajalce prodajnih asortimentov. Odločitve, povezane s stroški držanja zalog, zahtevajo problemsko orientirane informacije, oblikovanje le-teh pa izvorne podatke in zunanja obvestila o vseh dejavnikih, ki določajo strošek zalog. Organizacija gospodarjenja z zalogami v trgovini v smislu minimizacije stroškov držanja le-teh je najtesneje povezana s celotno organizacijo njenega poslovnega in informacijskega sistema.⁷⁾ Celoten sistem mora biti odprt v okolje, saj je le tako mogoče pričakovati ustrezne odločitve in ukrepe v upravljalnem sistemu trgovine in v okolju za doseganje postavljenih ciljev.

Na osnovi ekspertnega znanja o strukturiranosti zalog, lastnosti in odnosov med vplivnimi elementi zaloge ter vplivov notranjih in zunanjih pogojev dela na stroške držanja zaloge je mogoče oblikovati vrsto problemsko orientiranih obvestil in informacij, ki so prikazani na sliki 6:

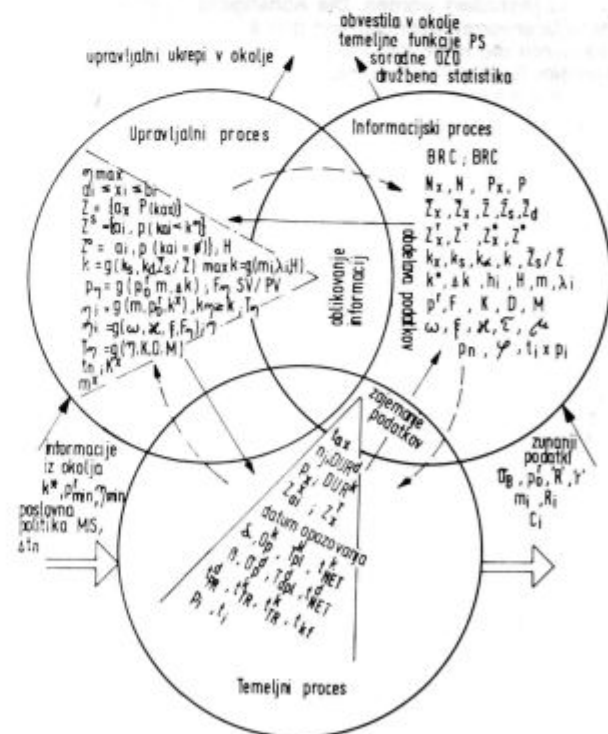
- za potrebe planiranja in nadziranja stvarnih zalog, (Z, Z^T)
- za odločanje — ukrepanje v smislu znižanja slabo idočih zalog in povečane hitrosti pretoka blaga (Z^S, Z^O, k)
- za oceno stroškov držanja zalog v danih ali predvidenih pogojih gospodarjenja (p_n, η)
- za odločanje o ustreznih ukrepih glede na še dopustni čas držanja zaloge ($T_n, K, D, p\eta$)
- kot podpora pri odločitvah povezanih z optimizacijo prodajnega asortimenta

Okolje povečane nestabilnosti zahteva predvsem boljše razumevanje medsebojnih potreb in možnosti proizvodnje, potrošnje in trgovine.

Problematika gospodarjenja z zalogami metalurških proizvodov se lahko učinkovito rešuje le v nabavnem procesu.

Povezanost informacijskih sistemov dobavitelja in trgovine, ki omogoča pretok problemsko orientiranih informacij o zalogah, prometnih tokovih, predvidevanjih bodoče potrošnje, proizvodnih ciklusih, proizvodnih programih, dobavnih časih... naj bi omogočila trgovini, da opravi potrebne komercialne in logistične aktivnosti v dopustnem času držanja zaloge.

Proizvodnji metalurških izdelkov je potrebna dobro organizirana in vsestransko usposobljena trgovina. Za to pa so odgovorni tudi dobavitelji. Prav s svojim vplivom bi zato morali prispevati tudi svoj delež k ustrežnejšemu tretmanu trgovine z metalurškimi proizvodi, ki danes vsaj na področju proizvodov črne metalurgije ni zadovoljiv.



Slika 6: Izvirni podatki ter oblikovanje problemsko orientiranih informacij o zalogah trgovskega blaga
 Fig. 6: Original data and formation of informations on stocks of commercial goods, being oriented towards solving problems

LITERATURA:

1. P. Mikeln: Logistični modeli skrajšanja pretočnega časa, Organizacija in kadri, Kranj 1988/1-2, 108—113
2. G. Hadly, T. M. Whitin: Analysis of Inventory Systems, Prentice-Hall Inc Englewood Cliffs, New York 1963, 21—22
3. R. Peterson, E. A. Silver: Decision Systems for Inventory Management and Production Planning, J. Wiley and Sons, New York 1979, 214—218
4. Z. Kaltnekar: Oblikovanje sistema materialnega poslovanja, Moderna organizacija, Kranj, 1985
5. J. Bedeković: Ocena investicijskega projekta, Priručnik za planiranje investicionog projekta, Privredna štampa Beograd, 1981
6. A. Hribar: Določanje vrednosti stopnje sredstev za reprodukcijo med življenjsko delo investicije, L. B. Revija za planiranje 1985, 3, 24—25
7. Š. Kajzer, F. Marn: Organizacija informacijskega sistema kot sestavni del poslovnega sistema, Naše gospodarstvo, Maribor 32, 1986, 1, 45—49
8. A. M. Razinger: Doktorska disertacija, VŠOD Kranj 1988

ZUSAMMENFASSUNG

Unter den Bedingungen grösserer Unstabilität der Umwelt ist der Kostenaufwand für die Erhaltung der Warenvorräte ausschlaggebender Parameter der erfolgreichen Geschäftsführung einer Handelsfirma. Die Schwierigkeiten bei der Beherrschung der Warenvorräte sind abhängig von dem Assortiment der Handelsware d. h. von den Bedingungen bei der Anschaffung und Verkauf und von der Höhe der Ersatzmittel für die Deckung des Kostenaufwandes im Warenumsatz. Scharfe Bedingungen bei der Anschaffung und ein niedriger Ersatz (Marge), die für Handelsgeschäfte mit Produkten der Schwarzmetallurgie charakteristisch sind, bedingen die Erzielung hoher Koeffizienten der Warenvorratswendungs, was zu einer bewussten Verschlechterung der Beziehungen einer Handelsfirma mit den Zulieferanten und den Endverbrauchern von Stahl führt.

Systematisches Studium der Gesetzmässigkeit der Warenvorratsmobilität und die Suche nach entsprechendem Informationssystem ist nicht nur wichtig für die Handelsfirma sondern ist dringend nötig auch für die Erreichung mehr oder minder normaler Flüsse in der Wirtschaft als Gesamtheit.

Die Grundgesetzmässigkeiten die aus dem Zeitwert der in Warenvorräten gebundenen Mittel herrühren, sind auf Grund eines Modelles eines einzelnen elementaren Handelsgeschäftes durchstudiert worden. Die Abhängigkeit des Koeffizienten der Warenvorratswendungs von den äusserlichen Bedingungen die durch die Höhe der Marge und des gesellschaftlich anerkannten Geldwertes repräsentiert werden, sind erforscht worden. Auf diese Weise ist der Grenzkoeffizient der Warenvorratswendungs und die resultierende Rentabilität eines Handels-

geschäftes in Abhängigkeit von dem erzielten Umwendungskoeffizienten bestimmt worden.

Auf Grund der Funktionsabhängigkeit der inneren und äusseren Parametern eines Handelsgeschäftes wird nach der Methode der linearen Programmierung die Optimierung des Verkaufsassortimentes durchgeführt.

Das Projekt eines einzelnen komplexen Handelsgeschäftes wird als ein abgeschlossener Prozess in dem die kommerziellen, logistischen und finanziellen Aktivitäten verlaufen behandelt. In der Vorsatzgleichung die eine Art des mathematischen Modelles der koordinierten Wirkung der ausschlaggebenden Parametern eines Handelsgeschäftes darstellt, werden neben dem gesellschaftlich anerkannten Kapitalpreis und der Marge auch die Zahlungsbedingungen im Zulauf und Ablauf der Geldmittel berücksichtigt. Im so komplex definierten einzelnen Handelsgeschäft sind die Forschungen zu den Bestimmungen der längsten möglichen Haltezeit der Warenvorräte am Lager gerichtet.

Inhaltlich wird die Gestaltung der nach den Problemen orientierten Informationen gezeigt, die aus dem Standpunkt des opportunen Kostenaufwandes der Warenvorratshaltezeit und der resultierenden Rentabilität eines Handelsgeschäftes geformt sind. Die Informationen zeigen sehr anschaulich die schwierige Problematik der Bewirtschaftung von Vorräten die unter den Bedingungen des hohen Geldpreises aus den rigorösen Anschaffungsbedingungen und der unbegründet niedrig vorgeschriebener Marge in Handelsgeschäften mit den Produkten der Schwarzmetallurgie herrühren.

SUMMARY

In the conditions of the increased economic instability the costs of keeping stocks are the decisive factor of successful trade management. The critical point in controlling the stocks depends on the assortment of goods, i. e. on the conditions of purchase and sale and on the amount of compensation for covering costs in turnover. Strict conditions of purchase and low margins characterize the trade with products of ferrous metallurgy and they demand high coefficients of stock turnover. Thus the relations between the commerce and deliverers on one side and final consumers on the other side are consciously worsened.

Systematic analysis of rules of stock mobility and looking for a suitable information system are not significant only for commercial enterprises but they are essential also in achieving rather normal material flows in economy and overall.

Basic rules of time value of funds being in stocks were analyzed by the model of single elementary commercial business. Relationships between the coefficient of stock turnover and the external conditions, represented by the amount of margin and the general value of money, were sought. Thus the limiting coefficient of stock turnover was determined and further also the profitableness of commercial business depending on the achieved coefficient of turnover.

Basing on functional relationships between internal and external factors of commercial business, the optimization of sale assortment can be calculated by the method of linear programming.

Project of single complex commercial business can be treated as the process which consists of commercial, logistic and financial activities. In the applied equation which represents some mathematical model of harmonized influence of essential parameters of commercial business, taking in account the general value of capital and margin, and also the conditions for income and outcome paying. In such a complex single commercial business the investigation is directed into finding the longest possible time for keeping stocks in depot.

Evaluation of relations between the costs of keeping stocks and the resulting profitableness of commercial business is shown. The obtained informations clearly show the difficult problematics in stock management which is caused in circumstances of great money value by strictly limited purchase conditions and unfounded low allowed margins in the commercial business with product of ferrous metallurgy.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях увеличенной нестабильности среды, расход на содержание запасов представляет собой решающую активность успешного ведения дел в торговых оборотах. Критичность овладения с запасами зависит от самого ассортимента торгового товара, то есть от условий при покупке и продажи а также от вышины замены, за крытия расходов транспорта. Резкий условия при покупке и низкая замена (маржа), которые характерны для торговых оборотов с продуктов чёрной металлургии поощряют достижения высоких коэффициентов оборота запасов, что ведёт снотальному ослаблению отношения торговли с поставщиками и конечными потребителями сталей.

Систематическое изучение закономерности подвижности запасов, а также искания соответственного информационного система имеет только значение для торгового предприятие, а также необходимо для достижения до некоторой степени нормальных условий течения хозяйству в целости.

Основные закономерности, которые исходят из временных значений, связанных средств в виде запасов мы изучали на основании модели отдельно каждого элементарного оборота. Мы также искали зависимость коэффициента оборота запасов от внешних условий, которые представляют высоту маржи, а также общественную цену денара. Таким образом мы определили предельный коэффициент оборота запасов и последующую прибыль торговой сделки в зависимости полученного коэффициента оборота.

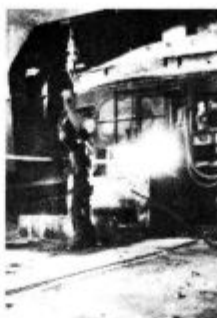
На основании функциональной зависимости внутренних и внешних параметров торговой сделки мы исполнили по методу линейного программирования наиболее благоприятного продажного ассортимента.

Проект каждой отдельной комплексной торговой сделки мы обсуждаем как законченны процесс, в котором протекают коммерческие, логистичные и финансовые активности. В назначенном уравнении, которое представляет собой до некоторой степени математический модель, согласованный с действием решающих параметров торгового действия. Мы берём во внимание действие решающих параметров. Наравне с этим мы берём во внимание также уплаты, что касается прилива и отлива денежных средств. В таком комплексно определённой торговой сделки исследование направлено к определению чем дальше иметь на складе.

По содержанию приведении приведено оформление проблематично ориентировочно информации, которые оформлены с точки зрения опортунестических затрат, хранения запасов и исходящиеся в этой торговой сделки. Информации очень наглядно показывают затруднительную проблематику организации хозяйства о запасами, которые при условия высокой цены денара происходят чрезмерных условиях приобретения и неосности низко предписанной маржи в торговых оборотов с продуктами чёрной металлургии.

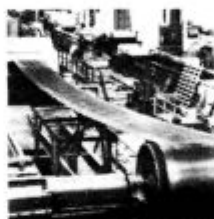
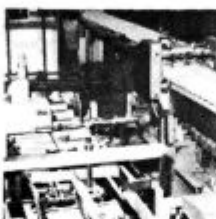
PRIKAZ

Izdelava jekel v elektro obločni peči, sekundarna rafinacija v vakuumski napravi, kontinuirno vlivanje jekla, vlivanje jekla v kokile, vlivanje odlitkov v livarni, valjanja gredic, slabov in predtrakov na valjalnem stroju bluming, valjanje žice in profilov, valjanje debele pločevine



PROIZVODNJE

Toplo valjanje trakov na valjalnem stroju (štekel), hladno vlečenje žice, hladno vlečenje profilov, hladno valjanje trakov, proizvodnja žebelj, proizvodnja dodatnih materialov, izdelava hladno oblikovanih profilov, izdelava vratnih podbojev

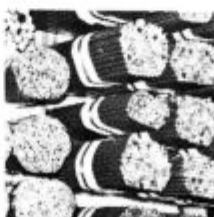


SLOVENSKE
ŽELEZARNE



ŽELEZARNA JESENICE

64270 Jesenice, Cesta železarjev 8, telefon: (064) 81 231, 81 341, 81 441
teleks: 34526 ZELJSN, Jugoslavija, telegram: Železarna Jesenice



V proizvodnem programu so naslednji izdelki:

gredice, toplo valjana debela, srednja, in tanka pločevina, hladno valjana pločevina in trakovi, toplo valjana žica, hladno vlečena žica, hladno vlečeno, luščeno in brušeno paličasto jeklo, hladno oblikovani profili, kovinski vratni podboji, dodatni materiali za varjenje, žebli, jekleni ulitki, tehnični plini

Poleg navedenih izdelkov pa nudimo tudi storitve:

valjanje v pločevino ali trak, vlečenje v žico ali paličasto jeklo, toplotne obdelave, raziskave oziroma meritve lastnosti jekla, računalniške obdelave, psihološke, sociološke in ekološke študije, tehnološki inženiring

Tehnološki učinki obratovanja 45t EAF — VAD

V. Macur^{*1}, A. Lesnik^{*2}

UDK: 669.187.012
ASM/SLA: D5g, D8, A5f, A4s

1. UVOD

V osnovi obratovanja elektroobložna peč — vakuumska ponovna peč (EAF-VAD postopek) smo želeli izboljšati kvaliteto jekla ob istočasno povečani produktivnosti in ekonomičnosti poslovanja. Tako smo leta 1983 uvedli izvenpečno rafinacijo jekla pri dveh 45-elektroobložnih pečeh s postopkom vakuumske obdelave z dograjevanjem — VAD postopek in leto kasneje VAD-VOD postopek za elektroobložne peči kapacitete 15 in 35 ton.

V šestih letih smo izboljšali kvaliteto ter pospeševali procese tako v elektroobložnih pečeh (EOP) kot v VAD napravi. Iz leta v leto se je povečeval odstotek sarž, izdelanih po VAD postopku, zato je prihajalo do zastojev pri obeh EOP, saj je bilo usklajeno obratovanje v VAD močno otežkočeno. Poraba energije in elektrod se je začela poviševati. Iz teh razlogov smo sredi leta 1988 opustili istočasno obratovanje dveh primarnih pečih in začasno uvedli izmenično obratovanje s ciljem, da gredo vse sarže preko VAD postopka. Dosegli smo ugodne rezultate.

2. TEHNOLOŠKI UČINKI OBRATOVANJA

Ponovna metalurgija po VAD postopku nam je prinesla naslednje prednosti:

- izboljšanje kvalitete jekla ob zagotavljanju boljše enakomernosti,
- večjo produktivnost in s tem večjo proizvodnjo,
- večjo ekonomičnost proizvodnje,
- izboljšanje delovnih pogojev zaradi mehanizacije procesov.

Preobsežno bi bilo obravnavati vse dosežke kot posledica obratovanja primarne obložne peči v povezavi z VAD postopkom. Poleg tega smo nekaj že poročali (1, 2, 3, 4, 5.). Poglejmo učinke obratovanja, ki so nas privedli do tega, da smo lahko eno peč ukinili in dosegli celo ugodnejše ekonomske učinke.

Učinki obratovanja dveh EOP 45 t s prenosom rafinacije v ponovno peč, kakor tudi obratovanje ene EOP 45 t, so prikazani v tabeli in na sliki. Zaradi boljšega pregleda so podatki zbrani za deset let pred uvedbo ponovne peči in zaključeni v polovici letošnjega leta. Z VAD postopkom smo pričeli obratovati junija 1983, vendar smo tega leta in še naslednje leto postopek osvajali, zato so ti rezultati združeni v desetletno obratovanje dveh elektroobložnih pečih.

Iz prikazanih učinkov sta izrazito vidni dve obdobji odločilnih sprememb, tj. obdobje uvedbe ponovne

metalurgije (rezultati za leto 1985) ter obdobje od druge polovice 1988, ko smo prenehali z istočasnim obratovanjem obeh EOP ter začeli kapacitete maksimalno izkoriščati.

Ob prenosu dela rafinacije iz EOP v VAD se je leta 1985 skrajšal celotni čas izdelave jekla EOP za 14 %, tj. od 4,5 ur na 3,9 ure. Pri tem se je čas rafinacije skrajšal za 33 %. V naslednjih dveh letih ni več bistvenih sprememb v skrajšanju časov izdelave, čeprav smo močno povečali odstotek izdelanih sarž preko VAD, in to od 57 % v letu 1985 na 80 % ob koncu 1986. leta.

Specifična poraba elektro energije v EOP se je ob uvedbi VAD postopka zmanjšala od 625 KWh/t na 585 KWh/t ali 6,4 %, vendar pa v celoti povečala na 649 KWh/t zaradi obločnega ogrevanja v ponovni peči. Poraba se je postopoma dvigala do vrednosti 670 KWh/t v letu 1977. To pomeni 45 KWh/t več kot pred uvedbo VAD postopka, čeprav se je samo v EOP zmanjšala za 25 KWh/t. VAD postopek je zahteval porabo 64 do 70 KWh/t električne energije in 0,67 do 0,70 kg/t porabo elektrod.

Podobnemu trendu porabe elektro energije je sledila tudi poraba elektrod. Ta se je ob uvedbi VAD postopka znižala v EOP za 1 kg/t oziroma za 16 %, tj. od 6,40 kg/t na 5,40 kg/t. V skupni porabi EOP-VAD se je znižala za 10 %, tj. na 6,10 kg/t, in se postopoma dvigala tako, da je skupna poraba preseгла prvotno 6,40 kg/t za 8 %. Dosegla je vrednost 6,9 kg/t.

Produktivnost obeh pečih se je ob uvedbi VAD postopka povečala od 9,6 t/h na 11,4 t/h ali za 19 %, kar je povečalo letno proizvodnjo pečih za 23.000 ton jekla. Žal je tudi ta trend ostal od 1987. leta nespremenjen. Tega leta je bila produktivnost pečih 11,4 t/h in tega leta smo po VAD postopku izdelali že 80 % vsega jekla.

Kazalo je, kot da smo leta 1985 že izkoristili prednosti izvenpečne metalurgije in da se nekateri učinki slabšajo, kot je to poraba elektrod in energije. Morda smo bili v prvih letih proizvodnje EOP-VAD preveč zagledani v kvaliteto jekla in v osvajanju proizvodnje, dokler nas niso zastoj na EOP opozorili, da je potrebno nekaj spremeniti. Želeli smo še bolj pospešiti procese v EOP, pa to ni bilo možno. Bolj, ko smo povečevali odstotek sarž preko VAD postopka, več je bilo zastojev na pečeh, in to tudi pri visokih temperaturah, večja je bila poraba energije in elektrod in vedno večje so bile organizacijske težave usklajenega obratovanja dveh pečih z eno VAD napravo. Tu imamo razlago za upadanje nekaterih učinkov kmalu po uvedbi VAD postopka.

Da bi lahko hitreje pospeševali procese v primarni peči in povečali ekonomske učinke, smo se sredi leta 1988 odločili za proizvodnjo z eno pečo. Od takrat peči

*1 Vladimir Macur, dipl. ing. met., Železarna Ravne

*2 A. Lesnik, dipl. ing. met., Železarna Ravne

** Originalno objavljeno: ŽZB, 23(1989)4

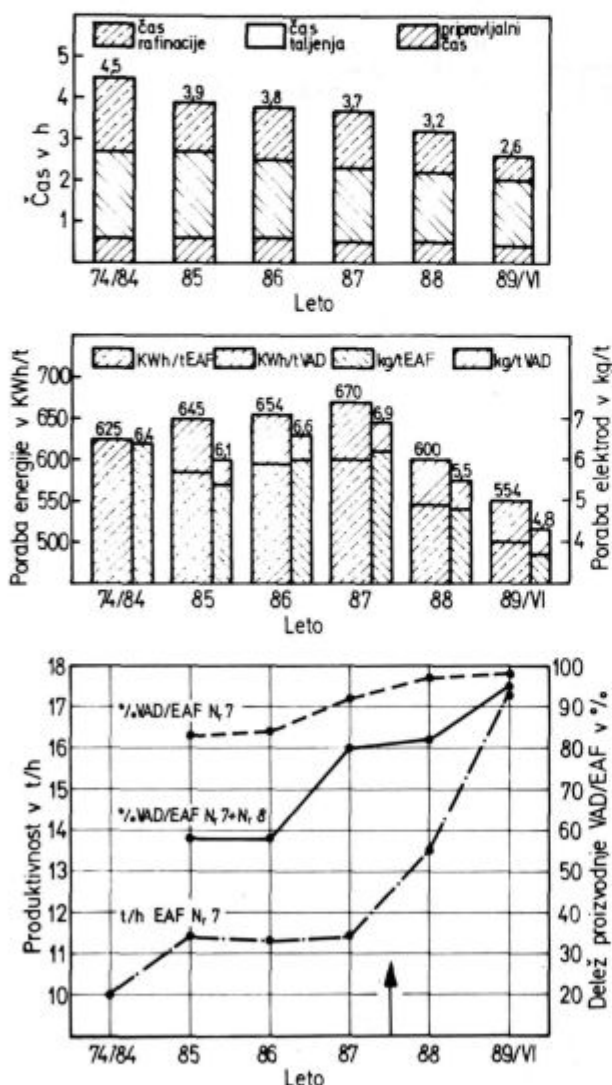
*** Rokopis prejet: avgust 1989

obratujeta izmenično, vsaj začasno. Ko ena peč obratuje in se maksimalno forsira, druga miruje in na njej opravljajo popravila.

V primerjavi z desetimi leti pred uvedbo VAD postopka smo ob polletju 1989 s takim načinom dela dosegli naslednje rezultate (Tabela 1, in slika 1).

Tabela 1

Učinki	enota	1974/84	1985	1986	1987	1988	1989/VI
Popravila in zalaganje	h/ch	0,580	0,581	0,558	0,481	0,370	0,337
Taljenje	h/ch	2,100	2,084	1,892	1,837	1,829	1,679
Rafinacija	h/ch	1,790	1,193	1,371	1,381	1,024	0,648
Skupni čas	h/ch	4,470	3,858	3,821	3,700	3,232	2,597
Produktivnost	t/h	9,610	11,390	11,280	11,410	13,530	17,328
Poraba energ. EOP	KWh/t	625	585	590	600	543	506
Poraba energ. VAD	KWh/t	—	64	64	70	58	48
Poraba elektrod EOP	kg/t	6,40	5,40	5,90	6,20	4,80	4,16
Poraba elektrod VAD	kg/t	—	0,67	0,68	0,70	0,67	0,65
% AOP-EOP 45t št. 7	%	—	83	84	92	97	98
% AOP-EOP 45t št. 7 + 8	%	—	57	57	80	82	98
Refinacija VAD	h	—	1,411	1,372	1,007	1,106	0,958



Slika 1
Učinki obratovanja EAF/VAD
Fig. 1
Effects of WAF/FAD operation

— skrajšanje skupnega časa v EOP od 4,5 ur na 2,6 ur ali za 42 %;
— skrajšanje rafiniranja v EOP od 1,8 ur na 0,6 ur ali za 64 %;
— skrajšanje časov taljenja od 2,1 ur na 1,7 ur ali za 20 %;
— povečanje produktivnosti peči od 9,6 t/h na 17,3 t/h ali za 80 %;
— zmanjšanje porabe električne energije v EOP od 625 KWh/t na 506 KWh/t ali za 19 %;
— zmanjšanje celotne energije (EOP-VAD) od 625 KWh/t na 554 KWh/t ali za 12 %;
— zmanjšanje porabe elektrod pri EOP od 6,40 kg/t na 4,16 kg/t ali za 35 %;
— zmanjšanje celotne porabe elektrod (EOP-VAD) od 6,40 kg/t na 4,81 kg/t ali za 25 %;
— povečanje odstotka izdelanih sarž po VAD postopku od 57 % leta 1985 na 98 %.

Če upoštevamo, da imata peči moč transformatorja komaj 12,5 MVA oz. specifično moč 280 KVA/t, smo lahko z rezultati obratovanja EOP-VAD zadovoljni. Ker sta življenjsko in tehnološko zaostali, ju bomo odstranili in postavili novo OBT peč (Oval-shell Bottom Tapping Furnace) z močjo transformatorja 41 MVA. Tako bi skrajšali tudi čase taljenja na 0,92 ur in odpravili dvojno ponev.

LITERATURA

- V. Macur, V. Prešern: Raziskovalni projekt: Tehnologija obdelave jekla s posebnimi postopki sekundarne rafinacije: I. del. Vakuumska metalurgija jekla. Poročilo Metalurškega inštituta, Ljubljana, dec. 1980.
- V. Macur, J. Bratina: Razvoj in uvedba vakuumske ponovne peči v Železarni Ravne Rudarsko-metalurški zbornik, 1984, 39.
- S. Petovar, A. Rozman, A. Lesnik: Opis, Zakon in tehnološki VAD naprave v Jeklarni 2 Železarne Ravne. Rudarsko-metalurški zbornik, 18, 1984, 2, 45.
- S. Petovar, A. Rozman, V. Macur, A. Lesnik: Erfahrungen mit VAD- und VOD Technologien Železarna Ravne. Simpozium über Problematik Stahlproduktion mit Pfannenmetallurgischen Verfahren. Budapest 16. — 19. 4. 1985.
- V. Macur, A. Lesnik: Sechs-Jährige Erfahrungen mit VAD-Verfahren in Železarna Ravne. 5. Internationale Konferenz «Sekundärmetallurgie». Vsetin, 7. — 9. 11. 1989.

ZUSAMMENFASSUNG

Der Grundzweck der Einführung des VAD Verfahrens war die Verbesserung der Stahlqualität jedoch haben sich wesentlich auch die Betriebsleistungen des primären Lichtbogenofens verbessert. Charakteristisch sind zwei ausgeprägte Zeitabschnitte dieser Änderungen. Die erste Änderung entstand bei der Einführung des VAD Verfahrens wo man bei zwei 45 t Lichtbogenöfen mit der Trafoleistung von 12,5 MVA die gesamte Chargenzeit von 4,5 Stunden auf 3,9 Stunden bzw. um 14 % verkürzen konnte und die Refination selbst um 33 %. Die Ofenleistung ist um 19 % gestiegen, wodurch die Jahresproduktion um 23 000 t grösser war. Mit immer grösserem Anteil über der VAD Anlage erzeugten Schmelzen kam zu Schwierigkeiten

bei der Koordinierung des Betriebes zweier Lichtbogenöfen so sind wir auf die wechselweise Arbeit mit einem Ofen übergegangen um die Prozesse zu beschleunigen. Die Gesamte Betriebszeit im Lichtbogenofen hat sich von den anfänglichen 4,5 Stunden auf 2,6 Stunden verkürzt bzw. um 42 %, die Ofenleistung hat sich um 80 % vergrössert, der Energieverbrauch im Lichtbogenofen ist von 625 kwh/t auf 506 kwh/t bzw. um 19 % gefallen und der Elektrodenverbrauch fiel von 6,4 kg/t auf 4,16 kg/t oder um 35 %. Für den Ofen mit der spezifischen Trafoleistung von kaum 280 KVA/t sind das gute Ergebnisse. Auch der Gesamtenergieverbrauch LBO-VAD ist kleiner als anfangs nur am Lichtbogenofen.

SUMMARY

Basic intention for application of the VAD process was the improvement of steel quality, but simultaneously also the operational effects of the primary EAF were improved. The first change appeared when VAD process was introduced since the overall time of steelmaking was reduced with the two 45 t EAF with transformer power of 12.5 MVA, from 4.5 to 3.9 hours, or for 14 %, and the time of refining for 33 %. The output was increased for 19 % which represents 23,000 t higher production. The increasing portion of melts made by the VAD process caused the problems in harmonized operation of the two EAF.

Thus alternating operation with one furnace was applied and the processes were intensified. The total operational time of EAF was reduced from 4.5 to 2.6 hours or for 42 %, and the productivity was increased for 80 %, while the energy consumption in EAF was reduced from 625 to 506 kWh/t or for 19 %, and the electrode consumption from 6.4 to 4.16 kg/t or for 35 %. For the furnace with specific transformer power of 280 kVA/t, these results are favourable. Also the joint consumption of EAF and VAD set is lower than the previous consumption of EAF itself.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основная цель введения ВАД способа состоялась в улучшении качества стали, хотя мы параллельно с этим заметно улучшили технологические действия первичных основ электрических дуговых печей.

Характерная особенность состоит из двух выразительных периодов изменения. Первое изменение состоялось в введении ВАД способа, при котором мы при двух 45-ти электрических печах при помощи трансформатора 12,5 мвт сократили совокупное время изготовления стали от 4,5 часа на 3,9 часа т. е. 14 %, рафинацию же на 33 %. Продуктивность же увеличилась на 19 %, что представляла 23.000 т больше.

Всё больше увеличением процентов изготовлением шихтов свыше ВАД способа наступали затруднения согласования работы двух электрической дуговой печи.

Вследствии мы перешли на перемонную работу с одной печкой и сократили первоначальных 4,5 часов на 2,6 часа т. е. на 42 %. Продуктивность увеличилась на 80 %, хотя расход энергия электрической дуговой печи снизилась с 625 квт/т. на 506 квт/т т. е. 19 %, расход электрод составлял 6,4 кг/т на 4,16 кг/т или на 35 %. Для печки, удельный вес который силы трансформатора составляет только 280 квт квт/т представляет это благоприятные результаты.

Также совокупный расход при электро дуговой печи и ВАД приспособления более низко от первоначального значения электро дуговой печи.



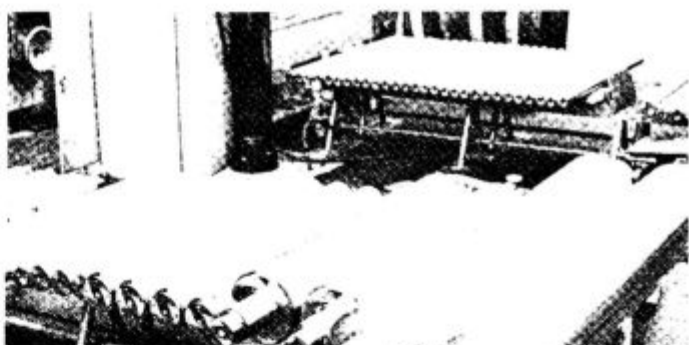
**SLOVENSKE ŽELEZARNE
ŽELEZARNA RAVNE**

n. sol. o
RAVNE NA KOROŠKEM
SLOVENIA - YUGOSLAVIA

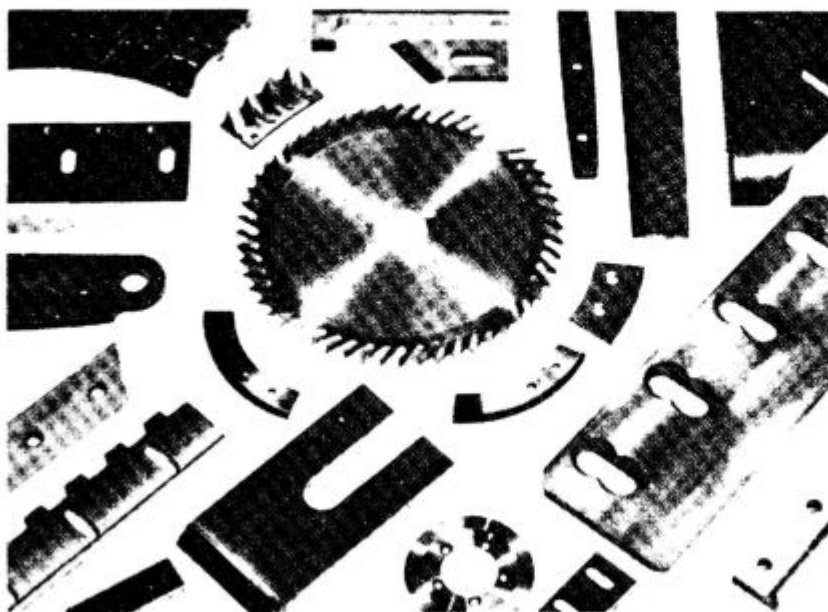
Železarna Ravne kot proizvajalec kvalitetnih in plemenitih jekel nenehno razvija in izpopolnjuje tehnološke postopke s ciljem povečevanja finalizacije, kvalitete, avtomatizacije in humanizacije dela. Izgradnjo novih tehnoloških naprav v jeklarni, kovačnici, termični obdelavi in širjenje proizvodnje finalnih izdelkov je spremljal intenziven tehnološki razvoj podprt z uvedbo procesnih računalnikov, numerično krmilnih enot ter avtomatizacije.



*Računalniško
vodenje
procesa*



*Jekleni
valji
za valjanje
kovin*



*Različna
industrijska
reza iz
plemenitega
jekla*

Primerjava klasično in konti vlitih jekel za neorientirane elektro pločevine

F. Marinšek,^{**} F. Vodopivec^{**}

UDK: 669.018.583-418:620.192.45:621.746.074/22
ASM/SLA: D9p, D9q, SGAn, 4—53, P15g, 9—69

Z namenom, da bi dobili zanesljive primerjalne podatke, smo izbrali po 11 šarž jekel iz redne proizvodnje. Vzorce smo vzeli iz vroče valjanih trakov, ki so bili izvaljeni v redni proizvodnji iz klasično vlitih bram in iz konti vlitih slabov. Po sestavi ta jekla predstavljajo 80 % asortimenta neorientiranih elektro pločevin železrne Jesenice.

Delo predstavlja primerjavo mikrostrukturnih značilnosti in elektromagnetnih lastnosti teh pločevin, izdelanih po različnih postopkih.

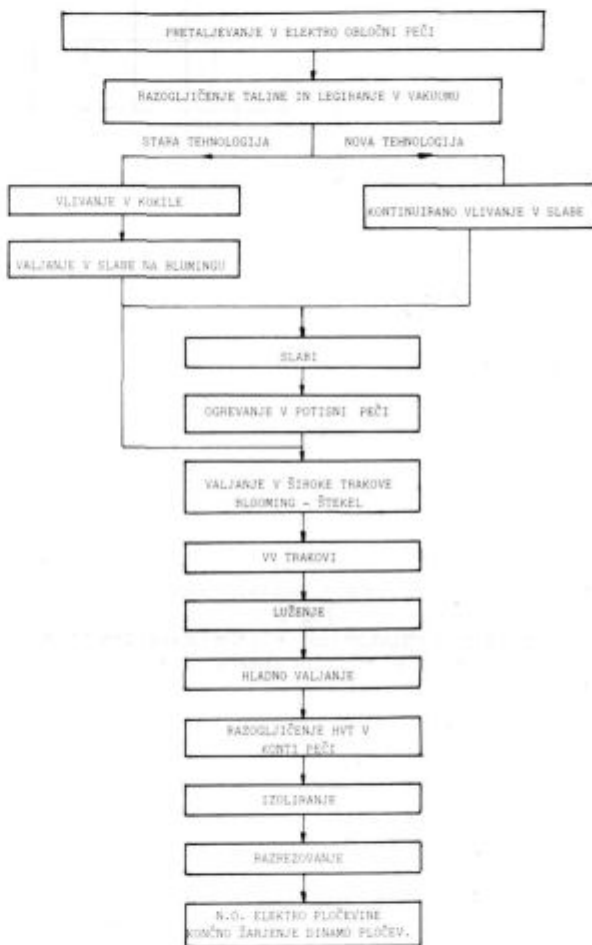
1. UVOD

Železarna Jesenice je edini izdelovalec elektro pločevine v Jugoslaviji. Neorientirane — dinamo pločevine izdelujemo že od l. 1945 in smo doslej izdelali že več kot pol milijona ton teh pločevin. V proizvodnji dinamo pločevin v novejšem času beležimo več prelomnic, ki pomenijo napredek v tehnologiji izdelave in predelave. Leta 1976 smo pričeli neorientirane elektro pločevine izdelovati po ARMCO licenci. To je leto, ko smo odprli novo hladno valjarno. Leta 1984 smo pričeli v elektropeči izdelano jeklo za elektro pločevine v stari jeklarni vakuimirati. Leta 1987 pa smo proizvodnjo jekla za elektro pločevine prenesli v novo jeklarno.

Nova jeklarna je opremljena s 100-t elektrooblačno pečjo, vakuumsko napravo in moderno kontinuirno napravo, na kateri vlivamo slabce, debeline 200 mm, ki je leta 1987 zamenjala tehnologijo klasičnega vlivanja jekla v brame. (slika 1). Prav ta bistvena razlika v tehnologiji pa je bila razlog, da smo načrtovali to delo, ki nima raziskovalnih ciljev. Naloga je bila programirana in izvršena zato, da bi imeli zanesljivo primerjalno osnovo, če bi se pokazalo, da se sprememba načina vlivanja odraža tudi pri lastnostih elektro pločevin. Menili smo, da bomo lažje ukrepali, če bodo na voljo podatki o tem, kakšno je bilo jeklo, vilito po klasičnem, in kakšno po konti postopku. Poročilo prinaša predvsem podatke o sestavi, količini in obliki nekovinskih vključkov ter mikrostrukturi in poizkus povezave teh dejavnikov in tehnologije z elektromagnetnimi lastnostmi pločevin.

2. O RAZLIČNIH VPLIVIH NA ELEKTROMAGNETNE LASTNOSTI DINAMO PLOČEVIN

V novejšem obdobju so bili narejeni veliki koraki v razvoju kvalitetnih elektro pločevin (slika 2). Na osnovi jekel z zelo dobro čistočo smo izpeljali nove postopke izdelave izotropnih pločevin, ki so uporabne v glavnem

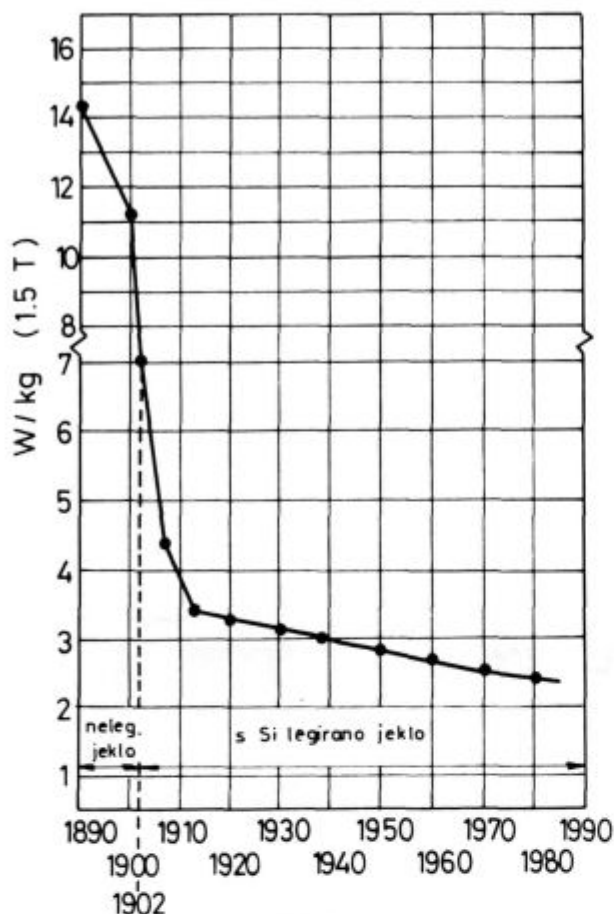


Slika 1. Shematična predstavitev izdelave neorientiranih elektro pločevin.

Fig. 1 Schematic presentation of making not-oriented electrical sheet

za gradnjo strojev z vrtečim se poljem. Z ekonomskega in ekološkega vidika so vsa prizadevanja obrnjena v smeri zmanjševanja izgub v jedru električnih strojev na minimum. Posebno za velike stroje z izjemno visokimi specifičnimi izgubami moči (izgube zaradi premagnete-

^{**} Filip Marinšek, ing. met., Železarna Jesenice
^{**} dr. Franc Vodopivec, dipl. ing. met., Metalurški inštitut Ljubljana
^{**} Originalno publicirano: ŽZB 23, 1989, 4
^{***} Rokopis prejet: avgust 1989



Slika 2.

Zmanjševanje vatnih izgub pri magnetenju v časovnem razvoju neorientiranih pločevin. (Vir 6)

Fig. 2

Reduction of magnetisation losses in time development of non-oriented electrical sheets (ref. 6)

nja) zahtevamo uporabo kvalitetnih elektro pločevin. V nadaljevanju bomo na kratko poskusili razložiti, katere poti vodijo k zmanjšanju izgub pri magnetenju, da bi lažje razumeli vpliv metalurških dejavnikov.

2.1 Izgube pri magnetenju

Izgube pri magnetenju neke elektro pločevine, ki je izpostavljena periodičnemu izmeničnemu polju, lahko izrazimo z enostavnim približkom kot vsoto histereznih (P_H) izgub in izgub zaradi vrtnčastih tokov

(P_W)¹

$$P = P_H + P_W \quad (1)$$

Delež izgub zaradi vrtnčastih tokov (P_W) je v splošnem bistveno večji, kot je podan z znano formulo:

$$P_{W,C} = \frac{(\pi \cdot I \cdot f \cdot d)^2}{6 \cdot \sigma \cdot \rho_E} \quad (2)$$

kjer pomeni: I = jakost polja
 f = frekvenca
 d = debelina pločevine
 σ = gostota
 ρ_E = sp. el. upornost

Izgube zaradi vrtnčastih tokov odstopajo za faktor η (faktor anomalije) ali za vrednost dodatnih izgub, anomalnih izgub:

$$P = P_H + \eta \cdot P_{W,C} \quad (3)$$

ali

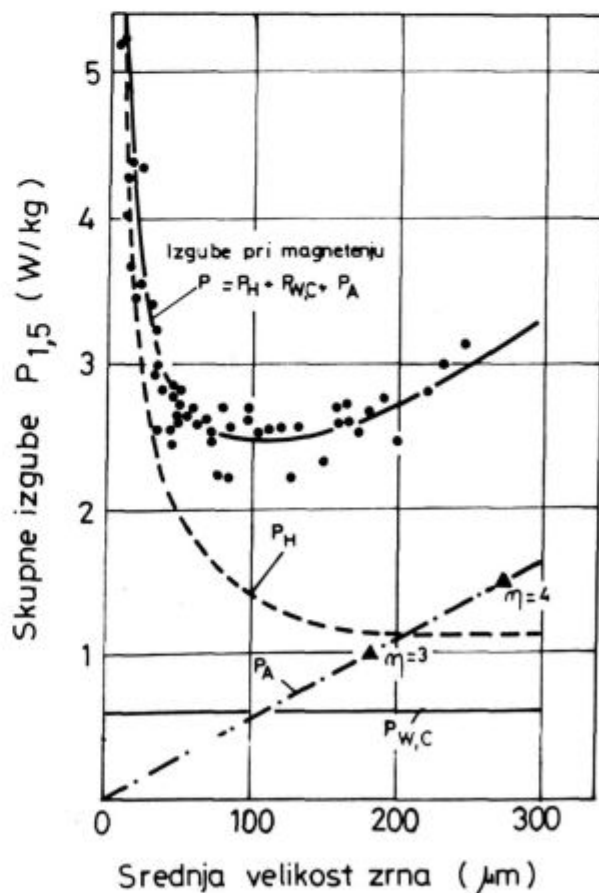
$$P = P_H + P_{W,C} + P_A \quad (4)$$

Dodatne izgube P_A oziroma faktor anomalije (η) je določen z obstojem Blochovih sten in njihovim dinamičnim »obnašanjem« v izmeničnem polju. Najvažnejše vplivne veličine, pri razvoju kvalitetnih neorientiranih pločevin, ki jih je potrebno optimirati, da bi čim bolj zmanjšali izgube, so:

- stopnja legiranja
- velikost zrna
- stanje izločkov in čistoča
- kakovost površine
- tekstura

Razumljivo je, da je optimizacijo vseh naštetih spremenljivk potrebno izvesti predvsem na boljših kvalitetah pločevin. Za slabše kvalitete pa zahtevano vrednost za izgube dosežemo med procesom z manjšimi stroški, na primer s stopnjo legiranja.²

2.1.1 Stopnja legiranja (Si, Al, P): silicij je najvažnejši legirni element z najdlje znanim ugodnim vplivom na histerezne izgube in izgube zaradi vrtnčastih tokov. Višja specifična upornost se neposredno odraža v izgubah zaradi vrtnčastih tokov.



Slika 3.

Prispevek k skupnim izgubam 0.5 mm elektro pločevine (Vir 1)

Fig. 3

Contribution to total losses in 0.5 mm electrical sheet (ref. 1)

V pogledu preoblikovanja v hladnem je stopnja legiranja silicija vsekakor omejena. Z dolegiranjem aluminija je ta meja pomaknjena navzgor. V novjšem času se uveljavlja spoznanje, da kristalografsko teksturo lahko izboljšamo, če v večji meri nadomestimo silicij z aluminijem.

2.1.2 Velikost zrna: Histerezne izgube se zmanjšujejo z naraščanjem zrna. Za skupne izgube pri magnetenju v odvisnosti od velikosti zrna nastopa neki minimum. Za zlitino Fe-Si-Al velja, da neodvisno od stopnje legiranja, pri srednji velikosti zrna ca. 100 μm , nastopa minimum izgub.

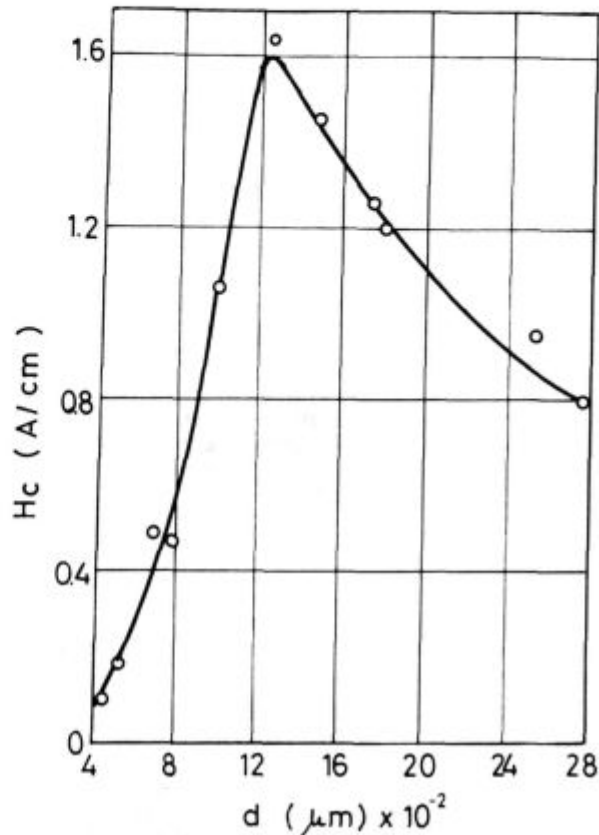
Prav tako pa so anomalne izgube P_A dober približek linearne funkcije srednje velikosti zrna. (slika 3). Zato je za zmanjšanje anomalnih izgub optimiranje velikosti zrna s primerno tehnologijo zelo velikega pomena. Boljša tekstura pomakne lego minimuma k večjim velikostim zrna, ne da bi se zato zvišale anomalne izgube. S tem se lahko izkoristi dodatno zmanjšanje histereznih izgub s povečanjem velikosti zrna.

2.1.3 Stanje izločkov — čistoča: Neferomagnetni vključki in izločki, sulfidi, nitridi, oksidi in karbidi poslabšujejo elektromagnetne lastnosti, ker predstavljajo ovire za gibljivost Blochovih sten.

O vplivu nemagnetnih vključkov na koercitivnost železa obstaja več razlag, ki imajo neki skupni imenovalec. Feromagnetno železo sestoji, gledano fizikalno, iz Weissovih področij (domen), v katerih so magnetni momenti atomov orientirani paralelno.

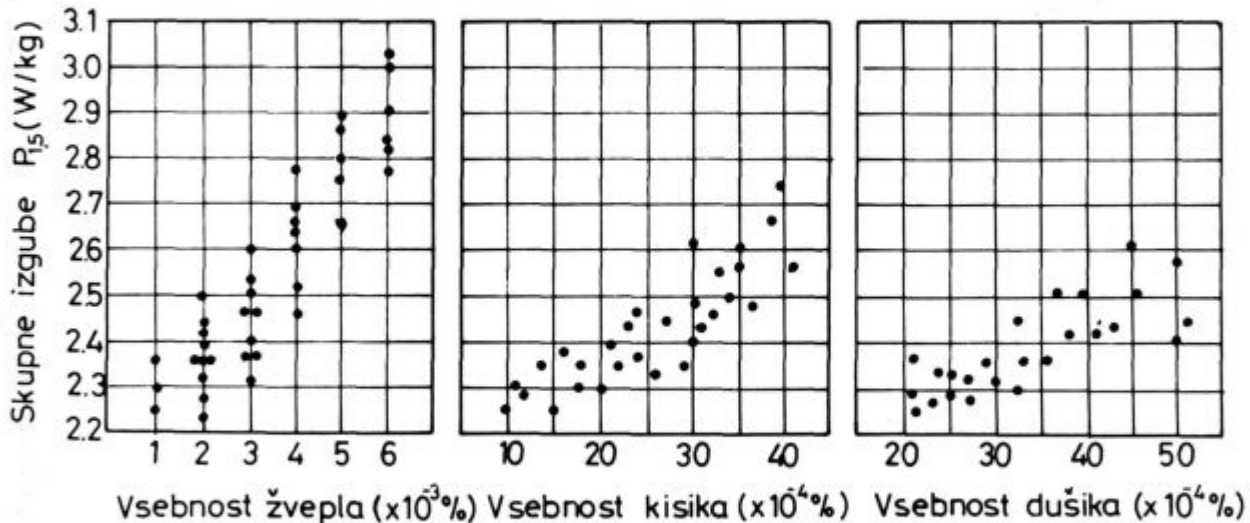
Ta področja so med seboj ločena z Blochovimi stenami, to je s prehodnimi plastmi, katerih debelina zavzema določen volumen in vsebuje višjo energijo kot okoliški kristal. Prav v tej prehodni plasti smer enega področja prehaja v smer drugega. Vzrok za spremembo (povečanje) koercitivnosti je v otežkočenem premikanju stene. Močno poenostavljeno si to razložimo takole: Stena, ki poseduje na enoto ploskve določeno energijo, želi zavzeti čim manjšo površino. V bližini vključka bo potem skupna ploščina stene najmanjša, ko bo vključek ležal v sami steni. Tako nekako vključek veže del mase stene nase in jo drži z določeno silo. Ta efekt je toliko močnejše izražen, kolikor večja je tako imenovana konstanta anizotropije materiala. Seveda je odločilna tudi

oblika in velikost vključka. Največjo oviro za premikanje Blochovih sten predstavljajo vključki, ki so tako veliki, kot je debela stena, medtem ko manj motijo večji in manjši vključki. Za neorientirane elektro pločevine ni



Slika 4. Odvisnost koercitivnosti od velikosti nekovinskih vključkov v jeklu (Vir 7)

Fig. 4 Relationship between the coercivity and the size of non-metallic inclusions in steel (ref. 7)



Slika 5. Vpliv elementov, ki tvorijo izločke, na izgube pri magnetenju (Vir 1)

Fig. 5 Influence of elements which form inclusions on the magnetisation loss (ref. 1)

nobene možnosti pridobiti strukturo brez izločkov, čeprav z dodatki in žarjenji lahko dosežemo, da so izločki grobi in manj škodljivi kot fini delci. (slika 4).

Poglavje zase pa je čistoča jekla, ki jo pojmuje kot vsebnost spremljajočih elementov, predvsem S, O₂ in N₂.

Naj takoj na začetku zapišemo, da so dosegljive skoraj ekstremne čistoče, ki so prikazane na sliki 5, v novjšem času z izboljšanjem metalurških postopkov pri izdelavi jekel.

2.1.4 Tekstura: Hladno valjanje izključuje materiale brez teksture. Cilj optimalne izdelave je doseči po možnosti najbolj ugodno teksturo, ki nudi le minimalno anizotropijo magnetnih lastnosti. To zahtevo izpolnjuje najboljše kockasta ploščinska tekstura (100) (Ok1); kjer ravnina (100) leži v ravnini pločevine in so smeri robov kocke slučajno porazdeljene. Končna tekstura je odvisna od kemične sestave, teksture toplo valjanega traku, stopnje hladne deformacije in temperature rekristalizacije.²

2.1.5 Vpliv površine: Pomembna je kakovost površine, ki jo dosežemo po končnem žarjenju. Med žarjenjem lahko nastopi delna oksidacija površine in eventuelno se jeklo tik ob površini lahko nadušiči. V oksidirani oziroma nadušičeni coni najdemo ovire za gibljivost Blochovih sten in fina zrna, ki imajo škodljiv vpliv. Poslabšanje je odvisno od debeline vplivane cone, ki običajno meri le nekaj mikronov. Neugoden učinek se odraža v naraščanju histereznih izgub, in sicer premo sorazmerno s poškodovanim volumnom oziroma debelino poškodovane plasti.

3. IZBIRA VZORCEV ZA PREISKAVE

Z namenom, da bi dobili zanesljive primerjalne podatke, smo izbrali po 11 jekel iz redne proizvodnje v razponu vsebnosti silicija, ki predstavlja 80 % asortimenta elektro pločevin, izdelanih v Železarni Jesenice. Vse preiskave so bile izvršene na vzorcih, ki so bili izrezani iz glave in noge ter sredine in roba vroče valjanih trakov. Tudi od VV trakov, zvaljanih iz konti vlitih slabov, smo vzorce vzeli od začetkov in koncev ter od roba in sredine vsakega traka.

4. SESTAVA JEKEL

Sestave jekel najdemo v tabelah 1 in 2. Za vsa jekla je značilen nizek ogljik, sorazmerno konstantna vsebnost mangana, nizko žveplo, precejšnje razlike v vsebnosti aluminija ter visoke vsebnosti niklja in kroma,

predvsem pri klasično vlitih jeklih. Ne vemo, kako se slednje odraža na magnetnih lastnostih, gotovo pa je vredno skrbnejšega preverjanja. Za nikelj velja, da je močan gamagen element, da zmanjšuje aktivnost ogljika v avstenitu, zato stabilizira avstenit in tako zmanjšuje hitrost razogljichenja. Seveda je pri sorazmerno nizkih vsebnostih ogljika v jeklu vprašljivo, ali vpliv niklja pride do izraza. Posebno pozornost zaslužijo podatki o količini dušika in kisika. V tabelah navajamo podatke za šaržne analize in za analize na vzorcih, izdelanih iz trakov v več paralelkah. Za klasično vlite šarže je pri dušiku ujemanje med šaržno analizo in povprečjem iz štirih mest iz trakov komaj zadovoljivo, tudi če upoštevamo, da gre za vsebnosti v razponu med 40 in 100 ppm. Povprečni vrednosti za 11 šarž pa se v obeh primerih presenetljivo dobro ujemata in znašata 70 ppm N₂. Razlike med robom, sredino, glavo in nogo so v razponu ± 15 %, kar je znotraj metodološke napake. Lahko trdimo, da je dušik enakomerno porazdeljen.

V jeklih, izdelanih v novi Demagovi elektroobložni peči, vlitih na kontilivni napravi, pa je vsebnost dušika nižja v povprečju in v ožjih mejah med 31 in 55 ppm s povprečno vrednostjo 40 ppm.

Nekoliko drugačna je slika pri kisiku. Zaradi velikih razlik so v tabeli 1 rezultati paralelnih analiz s spodnjo in zgornjo mejo odstopanja pri klasično vlitih jeklih. Analize so bile izvršene v Železarni Jesenice, na MIL in v Železarni Ravne. Odstopanja so zelo podobna, kar kaže, da je kisik resnično precej neenakomerno porazdeljen v jeklu. Niso redki primeri, da analiza dveh vzorcev, izreznih drug poleg drugega iz istega mesta v kolobarju, odstopa za celo več kot 5 X. Povprečje vseh paralelek tako nima pravega fizikalnega pomena.

Nekatera povprečja se spet prav vzorno ujemajo s šaržno analizo. Vse kaže, da je izcejanje kisika v bloku manjše od izcejanja med velikimi dendriti. Boljšo, in predvsem verjetnejšo sliko o vsebnostih in porazdelitvah kisika nam daje analiza na trakovih, izvaljanih iz konti vlitih slabov (tabela 2). Povedati je potrebno, da je bila točnost dela naprave med analizo stalno kontrolirana s standardi. Vsebnosti kisika, te so aritmetično povprečje osmih ali več paralelek, izreznih iz obeh koncev, sredine in roba traku, so v razponu med 16 in 41 ppm. V TVT, ki so bili izvaljani iz bram, pa je bila vsebnost kisika v razponu med 39 in 79 ppm. Povprečje za 11 šarž v primeru konti vlitih slabov znaša 26 ppm. V drugem primeru, torej pri trakovih, izvaljanih iz klasično vlitih bram, pa znaša povprečje 58 ppm, kar je 2.2 krat več. Nesmiselno bi bilo primerjati šaržne analize kisikov, tako v prvem kot v drugem primeru. Izmerjene vrednosti so v obeh primerih mnogo višje, in sicer v prvem med 60 in 154 ppm, v dru-

Tabela 1: Sestava jekel

Šarža	Kvaliteta	Element u ut. %												Šaržni	
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Al	Sn	Ni	As	N ₂	O ₂	ppm
1	11 8316 EVC 17	0.008	1.48	0.25	0.023	0.013	0.45	0.16	0.28	0.011	0.35	0.018	61(67)	154	47 ± 26
2	11 8422 EVC 12	0.004	1.09	0.18	0.043	0.005	0.45	0.17	0.13	0.012	0.35	0.016	90(74)	70	66 ± 46
3	11 8401 EVC 12	0.008	1.19	0.23	0.05	0.012	0.22	0.17	0.39	0.012	0.21	0.012	46(37)	64	61 ± 47
4	11 8187 EVC 12	0.010	1.17	0.20	0.043	0.009	0.23	0.19	0.22	0.009	0.29	0.017	102(101)	110	55 ± 26
5	11 8186 EVC 12	0.010	1.19	0.19	0.044	0.007	0.29	0.19	0.20	0.012	0.35	0.012	58(55)	70	47 ± 32
6	11 8185 EVC 12	0.010	1.13	0.20	0.043	0.013	0.29	0.18	0.18	0.01	0.45	0.01	88(67)	101	79 ± 24
7	11 8196 EVC 12	0.010	1.19	0.19	0.044	0.007	0.29	0.19	0.20	0.012	0.35	0.012	75(55)	68	72 ± 44
8	11 8338 EVC 17	0.012	1.54	0.18	0.016	0.003	0.35	0.18	0.22	0.011	0.29	0.017	59(99)	60	60 ± 40
9	11 8421 EVC 17	0.006	1.61	0.18	0.017	0.005	0.72	0.27	0.19	0.013	0.39	0.016	72(73)	72	39 ± 20
10	11 8405 EVC 21	0.010	2.13	0.27	0.04	0.003	0.39	0.28	0.10	0.014	0.56	0.018	72(63)	34	47 ± 56
11	11 8215 EVC 21	0.012	2.10	0.30	0.036	0.002	0.28	0.19	0.26	0.012	0.22	0.014	41(104)	—	64 ± 42

* povprečna vrednost N₂ = 70 ppm

Tabela 2: Sestava jekel

Šarža	Kolobar	Kvaliteta	Element v ut. %											Šaržni		
			C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Al	Sn	Ni	O ₂ ppm	N ₂ ppm	O ₂ ppm	
1	21 1189	5760	EVC 15	0.010	1.42	0.33	0.025	0.005	0.22	0.19	0.30	0.008	0.55	101	31	41
2	21 1220	5799	EVC 18	0.021	1.63	0.48	0.043	0.006	0.22	0.26	0.39	0.014	0.12	53	36	29
3	21 1236	5802	EVC 18	0.012	1.67	0.29	0.034	0.002	0.24	0.19	0.10	0.009	0.15	91	35	28
4	21 1237	5816	EVC 18	0.013	1.78	0.38	0.029	0.002	0.29	0.19	0.14	0.009	0.19	124	32	23
5	21 1242	6010	EVC 15	0.019	1.51	0.26	0.026	0.011	0.18	0.20	0.18	0.009	0.18	105	48	34
6	21 1235	6015	EVC 18	0.029	1.63	0.25	0.029	0.010	0.13	0.25	0.15	0.018	0.13	—	55	27
7	21 1243	6018	EVC 18	0.020	1.72	0.34	0.028	0.004	0.16	0.23	0.15	0.010	0.15	109	49	25
8	21 1065	4973	EVC 15	0.010	1.42	0.33	0.025	0.005	0.22	0.19	0.30	0.008	0.55	60	31	16
9	21 1156	5527	EVC 18	0.010	1.91	0.30	0.031	0.001	0.14	0.23	0.085	0.007	0.12	101	42	33
10	21 1101	4983	EVC 15	0.030	1.41	0.24	0.023	0.006	0.21	0.20	0.49	0.011	0.13	—	41	16
11	21 1100	4986	EVC 15	0.022	1.37	0.39	0.024	0.005	0.25	0.23	0.13	0.011	0.10	—	31	18

* O₂ — povprečje (G + N + Sr + R) TVT
 Povprečje za 11 šarž O₂ = 26 ppm

gem primeru pa med 60 in 124 ppm. Razlike so za pametno razlogo nesprejemljive in po mnenju jeklarjev netočne. Precejšnja razlika v vsebnosti kisika v trakovih je možno pripisati različnemu načinu litja, in sicer na račun onečiščenja jekla pri litju. Med trakovi, ki so bili izvaljeni iz bram, in tistimi, ki so bili izvaljeni iz konti vlitih slabov, je velika razlika prav v tem, da v drugih praktično ni vključkov aluminijevega oksida v nizih, ki so v prvih pogosti.

5. METODOLOGIJA OVREDNOTENJA NEKOVINSKIH VKLJUČKOV

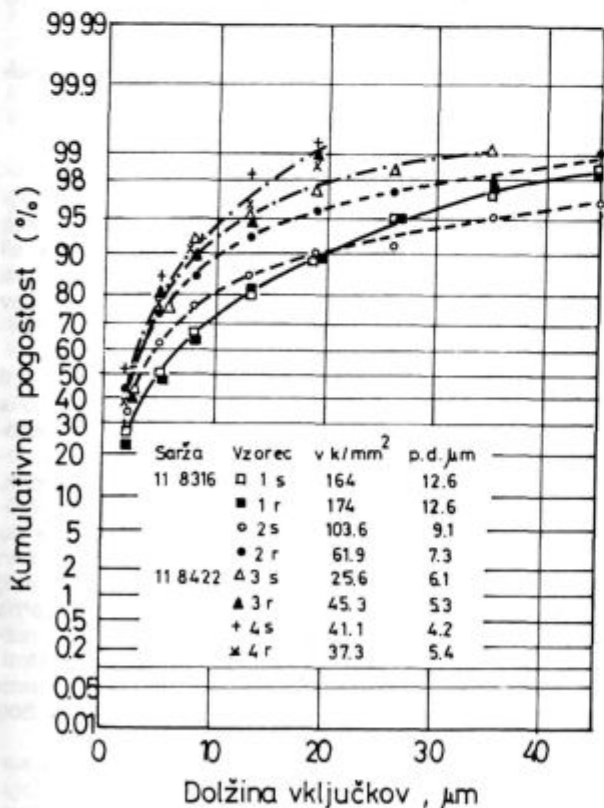
Na razpolago smo imeli napravo za analizo slike, ki je povezana z raster elektronskim mikroskopom. Naprava

je uporabna za velikostno analizo vključkov, katerih minimalna dimenzija je okoli 1 μm, razmerje debelina / dolžina pa ni manjše od 0.1.

Od vključkov, ki jih najdemo v dinamo jeklu, je zato mogoče zanesljivo ovrednotiti le zrnate oksidne vključke, sulfidne pa le tedaj, če niso lasaste oblike, katerih debelina je pogosto blizu 0.1 μm, razmerje debelina / dolžina pa blizu 0.01. Zato ovrednotenje vključkov na avtomatski napravi za analizo slike ni zanesljivo.

Iz enakih razlogov pa ni zanesljivo določanje površinske gostote vključkov. Zato smo analizo vključkov izvršili po kombinirani metodi.

Na vseh vzorcih smo na 9 mestih za vsak vzorec ali 36 na kolobar prešteli in izmerili vse sulfidne in oksidne vključke, ki jih je bilo mogoče razločiti v mikroskopu pri

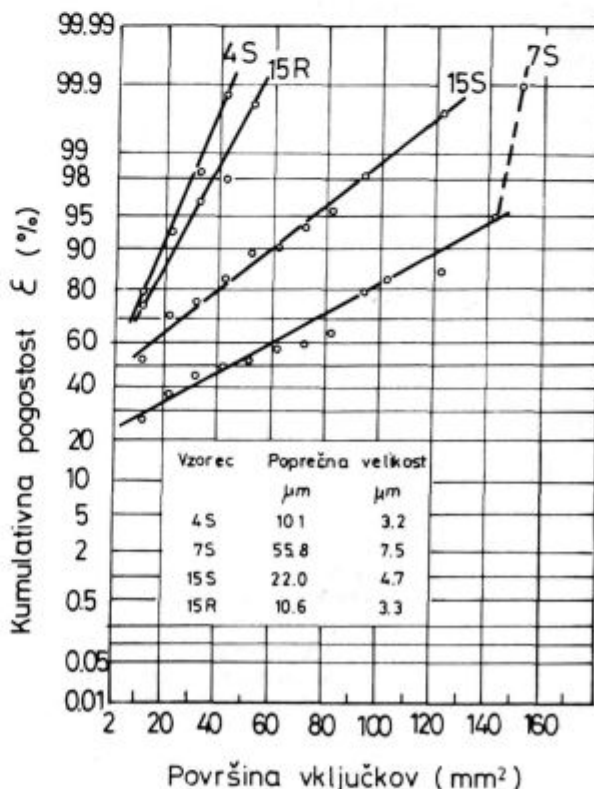


Slika 6.

Dolžinska porazdelitev vključkov manganovega sulfida v trakovih

Fig. 6

Length distribution of manganese sulphide inclusions in strips



Slika 7.

Velikostna porazdelitev oksidnih vključkov v trakovih

Fig. 7

Size distribution of oxide inclusions in strips

povečavi 500 \times . Predvidevamo, da smo zabeležili vse vključke, daljše od 1 μm . Poleg tega smo za nekatere vzorce izvršili tudi avtomatično analizo deleža, ki ga na obrusku zavzema površina oksidnih vključkov, in določili tudi velikostno porazdelitev vključkov. Za nekaj vzorcev smo izdelali histograme, ki kažejo porazdelitev sulfidnih vključkov po dolžini in oksidnih vključkov po površini, oboje kot relativno pogostost v odvisnosti od dolžine oziroma površine vključkov (slika 6 in slika 7).

Število oksidnih in sulfidnih vključkov je bilo v različnih vzorcih zelo različno. Temu primerna je seveda statistična napaka. Kljub sistematični merilni netočnosti v našem primeru pa so histogrami dokaj zanimivi in dokaj objektivna slika velikostne porazdelitve vključkov, da je možna objektivna ocena jekla.

6. MIKROMORFOLOGIJA SULFIDNIH VKLJUČKOV

Vključke manganovega sulfida v klasično vlitim jeklu lahko po obliki razdelimo v 5 skupin z različno obliko:

- lasasti vključki z razmerjem debelina / dolžina pod 0.01; to so vključki z debelino do 0.5 μm ;
- razpotegnjeni vključki z razmerjem debelina / dolžina 0.1 do 0.05;
- lečasti vključki z razmerjem debelina / dolžina 0.5;
- zrnati vključki, v katerih sta sulfidna in oksidna faza zraščeni;
- zelo redki valjasti vključki ali prizmatični sulfidni vključki.

V večini primerov najdemo v jeklu dve, včasih tudi tri vrste sulfidnih vključkov. Pogosto zasledimo, na sorazmerno majhni površini enega zornega polja pri 500 \times povečavi, istočasno lečasto in lasasto oblikovane sulfidne vključke. Razloga njihove koeksistence je razlika v specifični plastičnosti sulfida. Poznano je, da je v sulfidnih vključkih del žvepla lahko nadomeščen s kisikom in da so tako zvani oksisulfidi slabo deformabilni, imajo majhno sposobnost za preoblikovanje pri temperaturah valjanja. Na sliki 6 prikazana odvisnost med velikostjo in komulativno pogostostjo vključkov v pollogaritmičnem prikazu, nima oblike premice. To pa seveda pove, da porazdelitev ni normalna, da je med vključki relativno preveč kratkih. Če drži mnenje, da se veliki vključki deformirajo bolj kot majhni⁹, bi pričakovali ravno obratno, več dolgih vključkov. Preiskana jekla se med seboj močno razlikujejo po številu vključkov na enoto površine in nekoliko manj, vendar še vedno precej, tudi po dolžini. Vrednost zmnožka števila vključkov in povprečne dolžine (grobo ocenjena količina sulfidne mase) raste s količino žvepla v jeklu, vendar je raztros zelo velik.

V jeklih, vlitih v brame, je bila vsebnost žvepla v razponu od 0.002 do 0.013 %, povprečno 0.007 %.

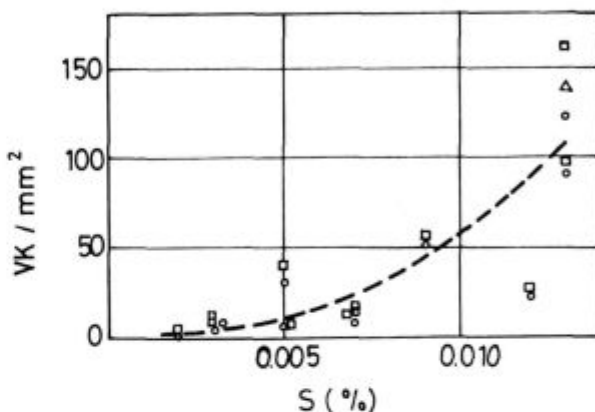
V konti litih jeklih je vsebnost žvepla v razponu od 0.001 do 0.013 %, povprečno 0.005 %, torej so ta jekla v povprečju bolj čista.

V jeklih, ki so bila konti vlita, najdemo samo dve vrsti vključkov. Zraščence sulfidne in oksidne faze ter lečaste sulfidne vključke. V vseh preiskanih jeklih je bila količina sulfidnih vključkov, ki jih razpoznamo v optičnem mikroskopu, premajhna za zanesljivo oceno po uporabljeni metodi. Vključki so redki in po dolžini ne presegajo 3 μm . Verjetno bi bilo potrebno uporabiti metodo, ki bi omogočala analizo vključkov pod 1 μm .

Naj poudarimo, da v nobenem primeru konti litega jekla nismo našli razpotegnjenih sulfidov. Take vključke smo našli v trakovih, ki so bili izvaljani iz bram še pri 0.003 % žvepla. Iz vsebnosti mangana je mogoče sklepati, da je praktično vse žveplo vezano v manganov sul-

fid v jeklih obeh vrst. Dejstvo, da najdemo v konti jeklih le vključke z velikostjo pod 3 μm , navaja na sklep, da so v teh jeklih vključki bolj številni, vendar pa pod velikostjo, ki jo je mogoče opredeliti v optičnem mikroskopu. V vzorcih z manj kot 0.003 % S v optičnem mikroskopu ni več opaziti sulfidnih vključkov, kar pa se ne dogaja pri jeklih, vlitih v brame.

Čeprav naša analiza zajema le v optičnem mikroskopu vidni del sulfidnih vključkov, je zanimivo razmerje med količino žvepla in gostoto sulfidnih vključkov (slika 9). Vidimo, da število vključkov na enoto površine raste, ko se večja vsebnost žvepla v jeklu, po neki nelinearni odvisnosti, rast pa je hitrejša, čim več je žvepla v jeklu.



Slika 9.

Odvisnost med količino S in številom sulfidnih vključkov na enoto površine vzdolžnega preseka

Fig. 9

Relationship between the amount of S and the number of sulphide inclusions per unit area of longitudinal section

7. OKSIDNI VKLJUČKI

V obeh jeklih najdemo vsaj 4 vrste oksidnih vključkov, ki so si podobni. To so zrnati vključki z obliko nepravilnega poliedra, zrnati vključki z obliko kock ali paličk, zrnati zraščenci oksidov in sulfidov ter krogličasti vključki. V trakovih iz konti slabov nismo našli vključkov v nizih, kot so vključki v trakovih iz bram, ki so iz aluminijevega oksida.

Med različnimi trakovi so precejšnje razlike v gostoti točkastih vključkov. V trakovih, izvaljanih iz bram, je bila gostota točkastih oksidov manjša. Tako imamo v trakovih iz konti slabov v povprečju 50.6 vključkov/mm², v trakovih iz bram pa le 17 vključkov/mm². Drugi dejavnik, pomemben za oceno vključkov, je njihova velikost. Velikostna porazdelitev je v vseh primerih log-normalna do 95 % vseh vključkov. Povprečna velikost je med 2 in 2.2 μm v trakovih iz konti vlitih slabov in 4.7 μm , torej dvakrat večja, v trakovih iz bram. Dvakrat večja linearna velikost pa ustreza 8-krat večji prostornini. Torej je razmerje v velikosti večje od razlike v površinski gostoti. To dovoljuje sklep, da je v trakovih iz bram večja masa oksidov, torej je po tem merilu te vrste jeklo bolj onečiščeno.

Jeklo za obe vrsti trakov, tiste iz bram in iz konti slabov, je bilo izdelano po podobni tehnologiji. Zato je logičen sklep, da je razlika v povprečni velikosti vključkov posledica razlike v hitrosti strjevanja. Jeklo se v bramah počasneje strjuje, zato se lahko vključki združujejo v večje, celo take, ki se zdrobijo v procesu valjanja in jih najdemo v trakovih v obliki nizov. Analiza ni pokazala

nobene korelacije med količino kisika in številom oksidnih vključkov na enoto površine. Kot je omenjeno v uvodu, nekovinski vključki ovirajo premikanje mej magnetnih domen, torej povečujejo energijo, potrebno za spremembo magnetnega polja, in v končni meri povečujejo koercitivnost in vatne izgube. Literarni podatki⁴ navajajo kot posebno škodljive precipitate z velikostjo pod 0,1 μm.

To niso oksidne faze, temveč sulfidi in nitridi, ki nastanejo iz faz, ki so se raztopile v jeklu pri segrevanju pred valjanjem, mogoče pa tudi pri hitrem strjevanju. Kako je s prisotnostjo, količino in velikostjo vključkov oziroma precipitativ z velikostjo pod 1 μm v naših jeklih za elektro pločevine, ne vemo, saj te raziskave še niso bile izvršene. Vir 5 navaja, da je gostota vključkov pod 1 μm večja od 100 vključkov/mm²; v nekem jeklu, manj čistem, kot je naše, s 70–90 vključki/mm², velikosti nad 1 μm.

Iz vsega doslej odkritega bi lahko še najbolj zanesljivo domnevali, da gre za vključke, ki jih nismo mogli videti pri 500× povečavi. Zanimivo je, da v trakovih iz konti vlitih jekel z vsebnostjo pod 0,003 % S nismo opazili sulfidov. Sulfidi pa po vsej verjetnosti so, vendar tako majhni, da jih v optičnem mikroskopu nismo videli.

Literarni podatki navajajo, da so vatne izgube linearno odvisne od tiste čistoče, ki jo pojmujejo kot vsebnost spremljajočih elementov^{1,2} S, O₂ in N₂. Ti elementi se vežejo v sulfide, okside in nitride, ki so tem številnejši, čim manjši so.

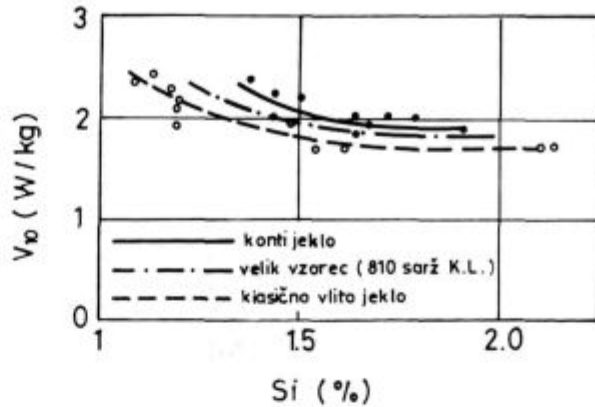
8. MIKROSTRUKTURA

Vzorci za preiskave smo izbrali tako, da je vsebnost silicija v trakovih med 1,1 in 2,13 %. Vzorci pripadajo trem različnim kvaliteta dinamo jekla. Razlike v mikrostrukturi med trakovi iste kvalitete so relativno majhne. Nekoliko večje pa so razlike med različnimi vrstami jekla in so posledica zmanjšane hitrosti statične rekristalizacije ferita zaradi povečane vsebnosti silicija v jeklu.

V glavah trakov, izvaljanih iz bram, najdemo v sredini različno močne izceje, v katerih so zrna manjša, perlitna pa je mnogo več, kot ob površini. Treba je pripomniti, da gre v tem primeru le za krajši del traku in ne predstavlja tipične strukture dinamo trakov. V trakovih, zvaljanih iz bram, je včasih opaziti v površinskem pasu posamezna velika zrna, ki so zrasla zaradi deformacijsko inducirane rasti zrn ferita med valjanjem in po njem. Za obe vrsti trakov lahko trdimo, da je mikrostruktura podobna. Opazimo poznane razlike v mikrostrukturi med jeklom tik ob površini in jeklom v notranjosti. Obe vrsti trakov kažeta podobno velikost zrn in praktično enake značilnosti. Ob obeh površinah nastopa drobno poligonalno, rekristalizirano zrno, v sredini pa večje, nekoliko podolgovato zrno. S stališča mikrostrukture imajo trakovi, zvaljani iz konti jekel, bolj enakomerno mikrostrukturo po vročem valjanju. Ni jasno, ali v kontinuiranih slabih pri temperaturah valjanja ni mogoč proces selektivne rasti zrn ferita ob površini ali pa je iz še neznanega razloga proces rekristalizacije med vročim valjanjem lažji in hitrejši v konti jeklih kot v jeklih, vlitih klasično v brame. Namen tega dela je pokazati na morebitne razlike v mikrostrukturi, zato o mehanizmu nastanka ne bomo razpravljali.

9. MAGNETNE LASTNOSTI

Vsebnosti ogljika po razogljčenju kažejo, da je bil proces razogljčenja v vseh trakovih učinkovit. Velikost rekristaliziranih zrn in tekstura rekristalizacije sta toliko podobna, da se to ne more odražati neposredno na magnetnih lastnostih. Pač pa so te odvisne od količine

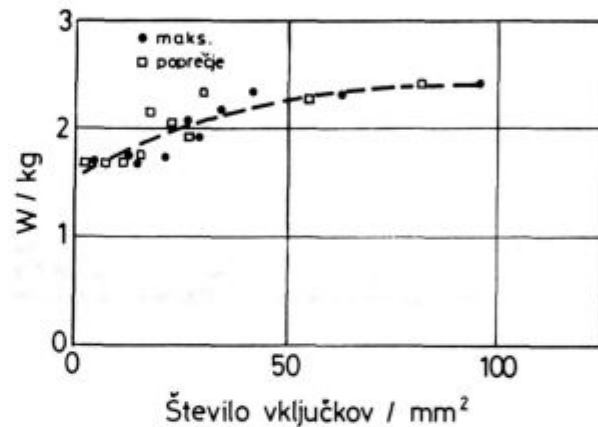


Slika 8.

Odvisnost med količino silicija v jeklih in vatnimi izgubami pri 1.0 T

Fig. 8.

Relationship between the silicon content in steel and the core loss at 1.0 T



Slika 10.

Odvisnost med gostoto vključkov MnS in vatnimi izgubami pri 1.0 T

Fig. 10

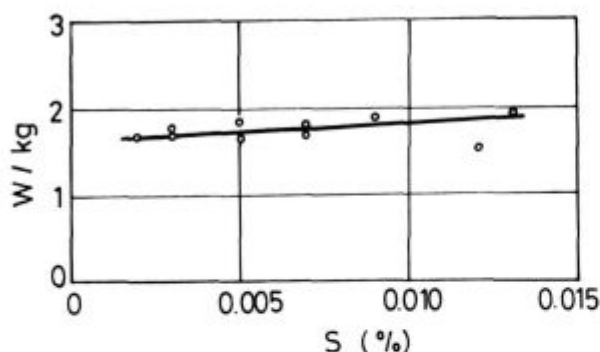
Relationship between the density of MnS inclusions and the core loss at 1.0 T

silicija, kot to prikazuje **slika 8**. Pri povečanju količine Si od 1,1 na 1,6 % se zmanjšajo vatne izgube za okoli 0,5 W/kg, izmerjeno pri 1 Tesla. Število preiskanih šarž je sicer premajhno za statistično zanesljive sklepe; če pa krivuljo primerjamo z analizo velikega vzorca, 810 šarž, vidimo, da to polkvantitativno analizo lahko ocenimo kot verodostojno.

Dobra je korelacija med številom sulfidnih vključkov in vatnimi izgubami (**slika 10**) pri klasično vlitim jeklu, kjer je delež vidnih sulfidnih vključkov večji kot pri konti jeklu.

Pri konti vlitim jeklu, kjer je delež vključkov, ki jih vidimo v optičnem mikroskopu, bistveno manjši, te korelacije nismo potrdili. Pač pa pri tem jeklu nekoliko rastejo vatne izgube z vsebnostjo žvepla (**slika 11**).

V sestavi ni razlike med jeklom, ki je bilo vilito v brame in konti vilito v slabe. Mikrostruktura in vsebnost ogljika sta po razogljčenju in rekristalizaciji podobna, zato sklepamo, da so večje vatne izgube pri trakovih iz konti slabov posledica večje dispergiraniosti nekovinskih faz, torej manjših sulfidnih, oksidnih in nitridnih vključkov in precipitativ. Negativni vpliv večje dispergiraniosti je celo prevladal nad pozitivnim vplivom manjše vsebnosti kisika, dušika in v manjši meri tudi žvepla.



Slika 11.

Ovisnost med količino S v jeklu in vatnimi izgubami pri 1.0 T

Fig. 11

Relationship between the amount of S in steel and the core loss at 1.0 T

10. ZAKLJUČEK

Rezultati preiskav na trakovih 11 šarž, zvaljanih iz konti litih slabov, v primerjavi z rezultati trakov 11 šarž, zvaljanih iz klasično vlitih bram, kažejo naslednje značilnosti:

— Pri enaki vsebnosti žvepla v jeklu je manjše število in manjša velikost sulfidnih vključkov, ki jih je mogoče razločiti v optičnem mikroskopu in so večji od $1\ \mu\text{m}$. Verjetno je to posledica prisotnosti sulfidnih vključkov pod $1\ \mu\text{m}$, kar bo treba dokazati.

— Večje število točkastih oksidnih vključkov, ki so zelo enakomerno porazdeljeni v jeklu, oziroma večja gostota točkastih oksidnih vključkov. Razlika v številu je

pri enaki analizi trikratna. Vendar je v konti vlitim jeklu v povprečju linearna velikost dvakrat manjša kot v trakovih iz bram.

— V trakovih, izvaljanih iz konti slabov, ni oksidnih vključkov v nizih.

— Razlika v velikosti in porazdelitvi oksidnih vključkov je lahko posledica manjšega združevanja vključkov zaradi hitrejšega strjenja jekla. Ni izključeno, da del oksidnih vključkov, ki imajo po velikosti močnejši vpliv na magnetne izgube, ni viden v optičnem mikroskopu.

— V trakovih, zvaljanih iz konti slabov, ima jeklo bolj enakomerno mikrostrukturo kot v trakovih, zvaljanih iz bram. Kaže, da se večja enakomernost v sestavi in čistoči v primerjavi s klasično vlitimi bramami (noga, glava) odraža v večji sposobnosti jekla za rekristalizacijo med procesom vročega valjanja.

— Rahlo povečanje izgub v trakovih iz konti jekla pri magnetenju je verjetno posledica prisotnosti večjega števila vključkov, velikosti okrog $0.1\ \mu\text{m}$, v primerjavi s klasično vlitim jeklom.

LITERATURA

1. Fritz Bölling, Trends und Ziele in der Entwicklung hochwertiger Elektroblech, Stahl u. Eisen 107 (1987)
2. M. Barisoni, Present Trends to improve the magnetic properties of nonoriented silicon electrical Steels, BTF 1988 (special issue)
3. F. Vodopivec, Železarski zbornik 13, 1979, 161
4. A. Segal, Metals Technology 4, 1977, 177
5. H. A. Wriedt, Metalurgical transactions 7 A, 1976, 711
6. Fritz Bölling, Hochwertiges Electroblech für die Energietechnik Stahl u. Eisen 102, 1982, 17, 833
7. H. Huneus, Stahlwerke Bochum Aktiengesellschaft (1985) interna publikacija

ZUSAMMENFASSUNG

Ein Vergleich der in Brammenkokilen vergossener und Stranggegossener Stähle für nichtorientierte Elektrobleche.

Die Ergebnisse der Untersuchungen an Bändern von 11 Schmelzen ausgewalzt aus Stranggegossenen Brammen im Vergleich zu den Ergebnissen aus Bändern von 11 Schmelzen ausgewalzt aus klassisch vergossenen Brammenblöcken zeigen folgende Eigenheiten:

— Bei gleichem Schwefelgehalt im Stahl ist die Zahl und die Grösse der Sulfideinschlüsse die im optischen Mikroskop erkannt werden können und sind grösser als $1\ \mu\text{m}$, kleiner in Bändern aus stranggegossenem Stahl. Wahrscheinlich ist das die Folge der Anwesenheit von Sulfideinschlüssen unter $1\ \mu\text{m}$ was noch zu beweisen ist.

— Die Zahl der Punktförmigen Oxideinschlüsse die im Stahl sehr gleichmässig verteilt sind ist grösser bzw. die Dichte der Punktförmigen Oxideinschlüsse ist grösser. Der Unterschied in der Zahl ist bei gleicher Analyse dreifach. Jedoch ist im Stranggegossenem Stahl die Lineare Grösse im Durchschnitt um einmal kleiner als in Bändern aus Brammenblöcken.

— In Bändern ausgewalzt aus stranggegossenen Brammen sind keine Oxideinschlüsse in Reihen zu finden.

— Der Unterschied in der Grösse und Verteilung der Oxideinschlüsse kann die Folge kleinerer Zusammenballung der Einschlüsse wegen schnellerer Erstarung von Stahl sein. Es ist nicht ausgeschlossen das ein Teil der Oxideinschlüsse die der Grösse nach einen stärkeren Einfluss auf die Magnetverluste haben im optischen Mikroskop nicht erkennbar ist.

— Das Mikrogefüge in Bändern, ausgewalzt aus Stranggegossenen Brammen ist gleichmässiger als in Bändern ausgewalzt aus Brammenblöcken. Es ist anzunehmen, dass sich die grössere Gleichmässigkeit in der Zusammensetzung und Reinheit im Vergleich zu Brammenblöcken (Fuss, Kopf) zeigt in grösserer Fähigkeit von Stahl für die Rekristallisation während des Warmwalzens.

— Eine geringe Vergrösserung der Verluste in Bändern aus Stranggegossenem Stahl bei der Magnetisierung ist wahrscheinlich die Folge einer grösseren Zahl von Einschlüssen der Grösse um $0.1\ \mu\text{m}$ im Vergleich zu klassisch vergossenem Stahl.

SUMMARY

Results of investigations of strips rolled of 11 batches of continuously cast slabs and of the same number of batches of slabs cast by standard technology give the following characteristics:

— At the same sulphur content in steel, the smaller is number and the smaller is size of sulphide inclusions which are still resolvable in optical microscope and are bigger than $1 \mu\text{m}$. This is probably due to presence of inclusions smaller than $1 \mu\text{m}$, but there it is still necessary to provide evidence for this.

— Greater number of point oxide inclusions which are very uniformly distributed in steel, or greater density of point oxide inclusions. Difference in number at the same chemical analysis is up to three times. But in continuously cast steel the average linear size of inclusions is half of that when strips are rolled from ingots.

— Oxide inclusions in strips rolled of continuously cast steel are never in strings.

— Difference in size and distribution of oxide inclusions can be ascribed to some coalescence due to faster solidification of steel. It is quite possible that a portion of oxide inclusions which have according to their size greater influence on magnetic losses is not resolvable in optical microscope.

— Strips rolled from continuously cast slabs have more uniform microstructure than the strips rolled from ingots. It seems that greater uniformity of composition and the purity of continuously cast steel compared with standard casting into ingots (tops, bottoms) enables higher ability of steel for recrystallization during the hot rolling.

— Slight increase in magnetization loss applying strips made of continuously cast steel can be probably ascribed to the presence of greater amount of inclusions of the size around $0.1 \mu\text{m}$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования лент 11-ти вставок прокатанных из непрерывно отлитых слэбов при сравнении с результатами лент 11-ти вставок, прокатанных из классически отлитых слэбов оказали следующие характерные особенности:

— при одинаковом содержании серы в стали количество и величина сульфидных включений, которые можно различить в оптическом микроскопе свыше 1μ возможно, что это следствие присутствия сульфидных включений величины меньше 1μ , что надо доказать.

— Большое число точковых оксидных включений, которые очень равномерно распределены в стали, относительно более густота точковых оксидных включений. Разница в количестве составляет три раза. Хотя при непрерывно отлитом стали в среднем величина один раз меньше чем в лентах в слэбах.

— В лентах прокатанных из непрерывно отлитых слэбов оксидных включений нет.

— Разница в величине и в распределении оксидных включений состоит в возможности в последствии недостаточного слияния включений вследствие более быстрого застывания стали. Не исключается, что часть оксидных включений, которые по величине имеют более сильное влияние на потери магнетизма не различается в оптическом микроскопе.

— В лентах, прокатанных из слэбов непрерывного литья имеет сталь более равномерную микроструктуру чем в лентах прокатанных из обжатых слэбов. Оказывается, что увеличенная равномерность состава и чистоты в сравнении с классическими отлитыми слэбами (нога, голова) отражается в лучшей способности стали для рекристаллизации) в течении процесса прокатывания.

— Рыхлое увеличение потерь в лентах из непрерывно отлитой стали в течении магнетизма возможно вследствие большого количества включения величины приблизительно 0.1μ . Сравнении в классически отлитой стал.



SLOVENSKE ŽELEZARNE
METALURŠKI INŠTITUT
LJUBLJANA, LEPI POT 6

KAJ JE METALURŠKI INŠTITUT

Metalurški inštitut je delovna organizacija v okviru SOZD Slovenske Železarne, po statutu pa je osrednja raziskovalna organizacija vse slovenske metalurgije in livarstva. Inštitut razvija vse aktivnosti, ki so potrebne za raziskovalno delo, torej raziskave osnovnega, razvojnega in uporabnega značaja, pilotno proizvodnjo posebnih materialov, je soizdajatelj strokovnega časopisa, prireja strokovna srečanja in seminarje, dela različne strokovne ad hoc usluge za industrijo s področja kakovosti in uporabe kovinskih materialov, goji stike z raziskovalnimi organizacijami pri nas in v inozemstvu, sodeluje v programih in projektih Raziskovalne skupnosti Slovenije, v projektih usmerjenih v tehnološki razvoj Jugoslavije ter v projektih mednarodnega sodelovanja z zapadno in vzhodno Evropo in ZDA.

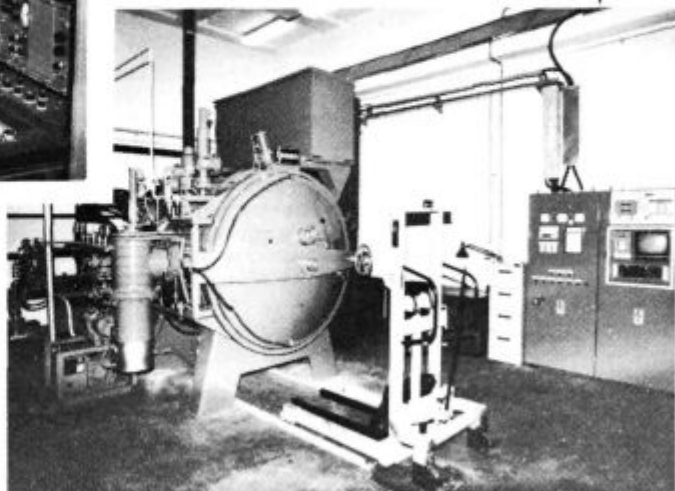
PROGRAM DELA IN OPREMA

Program raziskovalnega dela posega v naslednja področja: razvoj sodobnih masovnih kovinskih materialov in tehnologije njihove izdelave in predelave, razvoj in pilotna proizvodnja posebnih materialov za elektroniko, fizikalno-metalurško in kemijsko-analitsko karakterizacijo materialov, matematično modeliranje in računalniško krmiljenje procesov ter racionalna uporaba energije in surovin v metalurški industriji. Skladno s programom dela ima laboratorije za mikrostrukturne, fizikalne, mehanske preiskave in za analitiko kovinskih materialov ter za pilotno proizvodnjo. Med raziskovalnimi aparaturami najdemo peči za taljenje vseh vrst kovin na zraku in v vakuumu, naprave za predelavo teh kovin v trak, palice in žico, napravo za atomizacijo kovin, optične mikroskope in vrstični (scanning) elektronski mikroskop za mikrostrukturne raziskave, elektronski mikroanalizator, dilatometer, naprave za preizkušanje kovin s statično in dinamično obremenitvijo pri visokih temperaturah, naprave za termično obdelavo, med njimi naj sodobnejšo vakuumsko visokotemperaturno kalilno žarilno peč ter različne sodobne analitske naprave, na primer aparature za atomsko absorpcijsko spektrometrijo in emisijski spektrometer.



Pogled na vrstični elektronski mikroskop z napravo za elektronsko mikroanalizo in analizo slike

V teku je dobava naprave za vlivanje amorfnih trakov, ki bo skupaj z napravo za atomizacijo in izostatsko stiskanje, ki jo je inštitut nabavil skupno z inštitutom J. Stefan omogočila laboratorijsko sintezo naj sodobnejših kovinskih materialov. Prav v tem letu se bo začel tudi uresničevati projekt pilotne proizvodnje usmerjen v izdelavo palic in žic iz posebnih materialov po tehnologiji računalniško vakuumskega taljenja in kontinuirnega litja.



Pogled na računalniško krmiljeno vakuumsko žarilno kalilno peč

Preoblikovalna trdnost zlitine NIMONIC 80 A v vročem

M. Torkar** D. Kmetič**, F. Vodopivec**, J. Žvokelj**

UDK: 621.771.016:669.245
ASM/SLA: F2, Q23q, Mib, 1—66, SGab, 1—54

Instrumentacija eksperimentalnega valjarniškega ogrodja je omogočila registriranje preoblikovalnih sil in izračun srednje preoblikovalne trdnosti zlitine Nimonic 80 A v vročem.

Napravljena je primerjava izračuna preoblikovalne trdnosti po dveh različnih metodah.

Na podlagi dobljenih rezultatov je mogoče napraviti grobo oceno o primernosti predelovalnih naprav v Slovenskih železarnah za vročo predelavo teh zlitin.

1. UVOD

Vroča predelava nikljevih superzlitin je izredno zahteven proces, še posebno v prvi stopnji, ko se deformira material s strjevalno strukturo. V dosedanjih raziskavah^{1,2} na zlitini Nimonic 80 A smo opredelili pogoje za zadovoljivo vročo predelavo z valjanjem, nismo pa izmerili preoblikovalne sile.

Osnovni mehanizem pri vroči deformaciji je drsenje in plezanje dislokacij, dodaten vpliv pa ima še dinamično dogajanje med deformacijo. Dinamična poprava in rekristalizacija zmanjšata utrjevanje, njuno učinkovitost pa lahko ovirajo procesi izločanja med deformacijo. Večanje vsebnosti legiranih elementov povzroči povečanje napetosti tečenja, povišuje se spodnja temperaturna meja področja dinamične poprave in rekristalizacije, istočasno pa se znižuje zgornja meja tega področja zaradi znižanja temperature solidusa.

Področje predelovalnosti se tako zožuje, dokler pojav porušitve ne prepreči nadaljnjo vročo predelavo.

Popravo in rekristalizacijo ovirajo tudi izločki, zato mora vroča predelava potekati nad temperaturo njihove topnosti.

Poleg dinamičnih procesov se pojavi lahko tudi statična poprava, ki se izvrši v intervalih med prehodi ali med končnim ohlajanjem. Statični procesi, ki se dogajajo med vsakim prehodom, kontrolirajo mikrostrukturo med vtiki in na koncu.

Naraščanje odvzemov in povečanje hitrosti deformacije povzročita zmanjšanje velikosti zrn. Velikost zrn je pomembna, ker vpliva bodisi na preoblikovalnost v naslednjem prehodu ali pa na lastnosti proizvoda.

Velikost zrn pri superzlitinah na osnovi niklja ima pomembno vlogo pri zagotovitvi prave kombinacije med natezno trdnostjo in odpornostjo na malociklično utrjevanje, ki zahtevata drobna zrna, ter odpornostjo proti visokotemperaturnemu lezenju, za katero so ugodnejša velika zrna.

Vsi naštetni pojavi opredeljujejo pogoje za vročo predelavo in preoblikovalno trdnost.

V toku procesa plastičnega preoblikovanja se pojavljajo številne odvisne in neodvisne spremenljivke, ki močno otežijo eksaktno eksperimentiranje in ovrednotenje rezultatov.

Raziskava je bila zastavljena z namenom, da bi v razmerah in z napravami, ki jih imamo na razpolago, izmerili preoblikovalne sile, ki so potrebne za vroče preoblikovanje zlitine Nimonic 80 A.

2. EKSPERIMENTALNO DELO

Valjanje vzorcev

Preizkusi z valjanjem na instrumentiranem, eksperimentalnem ogrodju so bili napravljeni na vzorcih zlitine NIMONIC 80 A, 20 × 40 mm, ki so bili izvaljani v trak, debeline do 2,5 mm.

Izmerili smo moment, položaj valjev in silo valjanja. Iz dobljenih eksperimentalnih podatkov smo izračunali srednjo preoblikovalno trdnost, ki smo jo primerjali tudi z literaturnimi podatki³.

Izbira metode za določitev preoblikovalne trdnosti

Srednja preoblikovalna trdnost k_f je določena z natezno tečenjem in faktorjem preoblikovalnega izkoristka po naslednji odvisnosti⁴:

$$k_f = n \cdot \sigma \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (1)$$

kjer je n - faktor preoblikovalnega izkoristka in σ - natezno tečenje.

Pri valjanju ploščatih profilov, kjer je širjenje materiala le neznatno, iz geometrijskih pogojev sledi vrednost preoblikovalnega izkoristka $n = 1,155$. Če torej srednjo preoblikovalno trdnost delimo z vrednostjo preoblikovalnega izkoristka, dobimo enoosno napetost tečenja.

Z uporabo odvisnosti med silo valjanja, površino stika valjanca z valjem in lokom dotika dobimo po Simsu silo valjanja, ki je podana z naslednjo odvisnostjo³, ki je uporabna tudi pri valjanju superzlitin:

$$P = k_r \cdot b \cdot \sqrt{R} \cdot \sqrt{\Delta h} \cdot Q, \text{ (H)} \quad (2)$$

kjer je: b - širina valjanca (mm), R - polmer valjev (mm), Δh - absolutni odzjem (mm) in Q - brezdimenzijski faktor, odvisen od razmerja R/h in ϵ .

** dr. Matjaž Torkar, dipl. ing. met., Metalurški inštitut Ljubljana

** D. Kmetič, dipl. ing. met.; dr. F. Vodopivec, dipl. ing. met.; J. Žvokelj, dipl. ing. met. — Metalurški inštitut Ljubljana

*** Originalno publicirano: ŽEZB, 23, 1989, 4

*** Rokopis prejet: avgust 1989

Iz enačbe (2) je tako mogoče izračunati srednjo preoblikovalno trdnost zlitine Nimonic 80 A.

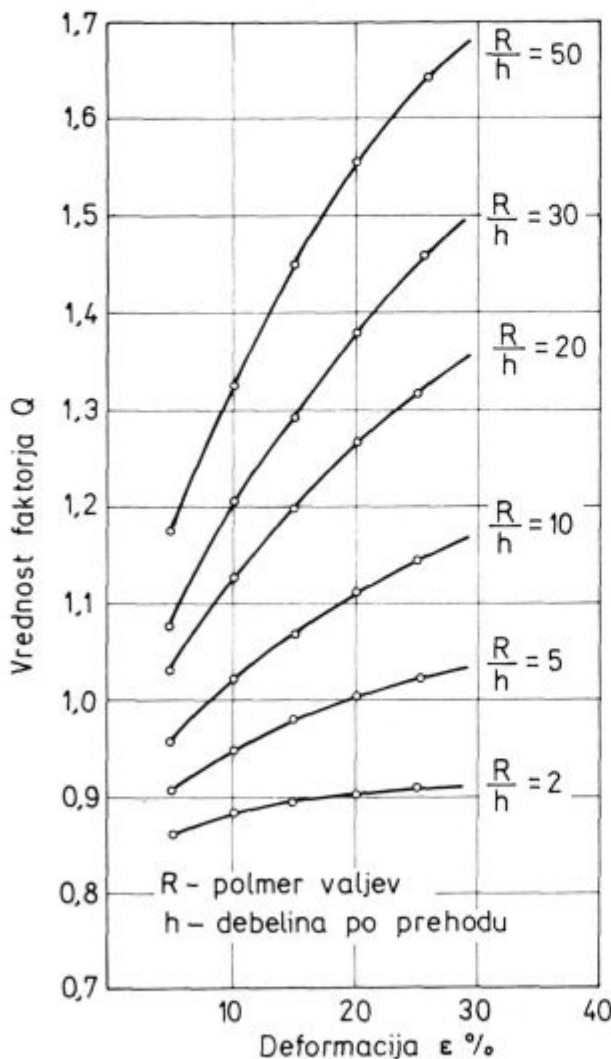
Vrednosti za Q smo vzeli iz literature^{3,4,5}. Odvisne so le od polmera valjev, (R) končne debeline (h) in od stopnje deformacije, (ϵ) torej le od geometrijskih pogojev preoblikovanja, nič pa od materiala.

3. REZULTATI

Določanje preoblikovalne trdnosti zlitine Nimonic 80 A v vročem

Meritve sile valjanja v širšem območju temperatur in odzvemov so pokazale, da se sile valjanja gibljejo med 1 in 4,5 kN pri temperaturah med 1150°C do 960°C. Vzorci z izhodnim presekom 20 × 40 mm so bili izvaljani do debeline 10 mm.

Pri znanih geometrijskih pogojih valjanja je mogoče s pomočjo enačbe (2), v katero vstavimo potrebne podatke in silo valjanja, izračunati srednjo preoblikovalno trdnost. Vrednosti za faktor Q so prikazane v tabeli 1 in na sliki 1.



Slika 1:

Grafični prikaz vrednosti faktorja Q v odvisnosti od polmera valjev (R) in debeline valjanca (h) po prehodu

Fig. 1

Plot of Q value as a function of roll diameter (R), and rolling thickness (h) after the pass

Tabela 1: Vrednosti faktorja Q

$\frac{R}{h}$	ϵ %				
	5	10	15	20	25
2	0,857	0,880	0,892	0,905	0,909
5	0,904	0,948	0,976	1,003	1,020
10	0,956	1,022	1,067	1,111	1,142
20	1,029	1,127	1,196	1,264	1,313
30	1,086	1,208	1,294	1,379	1,442
50	1,175	1,337	1,450	1,563	1,644

Za ilustracijo v tabeli 2 navajamo nekaj eksperimentalnih vrednosti in izračunanih preoblikovalnih trdnosti.

Tabela 2: Nekaj eksperimentalnih vrednosti

T	Δh	P	ϵ	$\dot{\phi}$	k_r
°C	mm	kn	%	s^{-1}	N/mm ²
1085	2,01	1,8	10,8	3,01	325
1055	2,92	2,4	17,7	4,22	347
1025	2,29	3,4	16,8	4,52	546

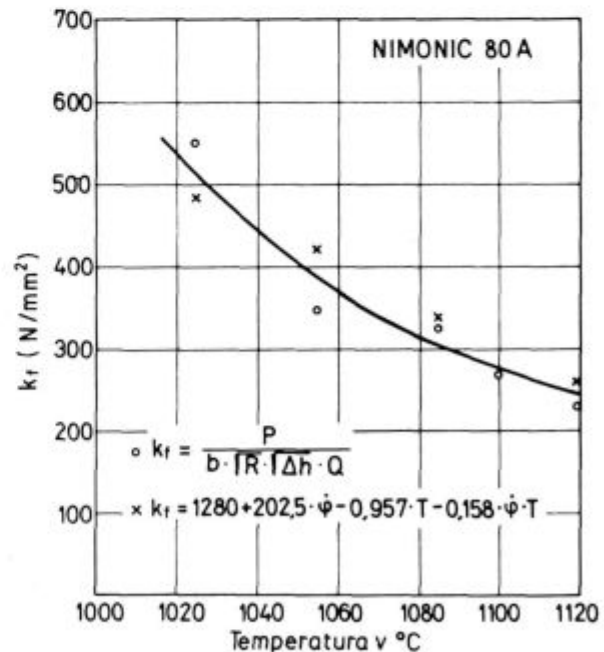
Iz podatkov, navedenih v tabeli 2 je razvidno, da se preoblikovalna trdnost hitro povečuje z nižanjem temperature valjanja. To je normalna posledica lastnosti te zlitine, ki je namenjena uporabi pri povišanih temperaturah.

Simsova enačba (2), s katero smo izračunali preoblikovalno trdnost, ne upošteva preoblikovalne hitrosti.

Za primerjavo smo uporabili empirično enačbo (3) iz literature³, ki kaže preoblikovalno trdnost v odvisnosti od temperature in preoblikovalne hitrosti pri valjanju:

$$k_r = 1280 + 202,5 \cdot \dot{\phi} - 0,597 \cdot T - 0,158 \cdot \dot{\phi} \cdot T \quad (3)$$

kjer je T — temperatura preoblikovanja (°C) in $\dot{\phi}$ — preoblikovalna hitrost (s^{-1}).

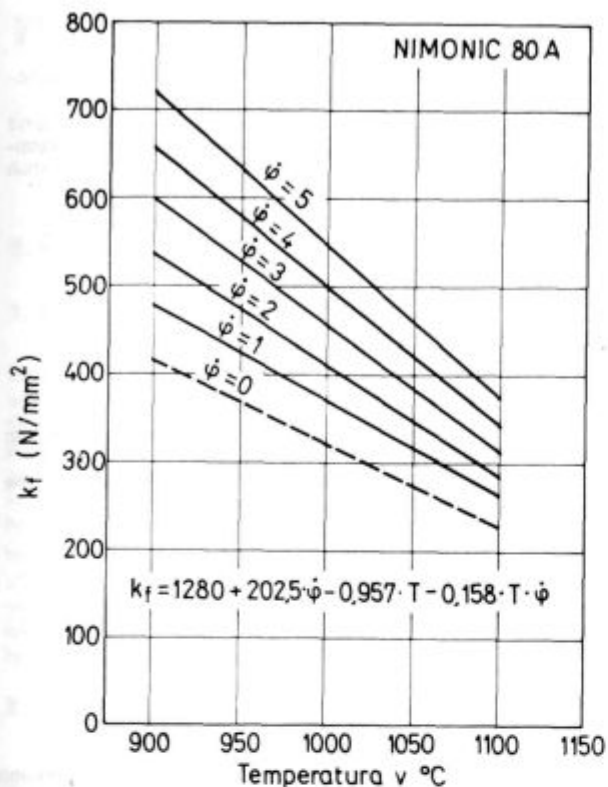


Slika 2:

Vpliv temperature na preoblikovalno trdnost, izračunano po dveh metodah

Fig. 2

Influence of temperature on the yield stress evaluated by two methods



Slika 3:
Vpliv temperature in hitrosti preoblikovanja na preoblikovalno trdnost (po viru 3)

Fig. 3
Influence of temperature and deformation rate on the yield stress (by reference 3)

V navedeno enačbo (3) smo vstavili eksperimentalne podatke za preoblikovalno hitrost in temperaturo ter izračunali preoblikovalno trdnost.

Na oba načina določene vrednosti preoblikovalnih trdnosti so prikazane v diagramu na **sliki 2**.

Iz diagrama je razvidno, da se vrednosti za k_f , izračunane po dveh metodah, zadovoljivo ujemajo v danem temperaturnem intervalu, ki predstavlja praktično celoten interval vroče predelave te vrste zlitin.

Pri izvajanju preizkusov z valjanjem žal ni bilo mogoče bolj spreminjati preoblikovalne hitrosti in tako ni bilo mogoče eksperimentalno ugotoviti morebitnega vpliva hitrosti deformacije na preoblikovalno trdnost. To odvisnost kaže enačba (3), zato smo izračunali nekaj preoblikovalnih trdnosti v odvisnosti od temperature in hitrosti deformacije. Ta odvisnost je prikazana na **sliki 3**. Vidi se, da je vpliv hitrosti deformacije na preoblikovalno trdnost precejšen in da se ta vpliv z višanjem tempera-

ture zmanjšuje. Če narisane premice podaljšamo proti višjim temperaturam, pridemo do temperature 1336°C, pri kateri je na podlagi enačbe (3) vrednost $k_f = 0$. Ta temperatura je zelo blizu temperature tališča te zlitine⁶, ki je po navajanju literature 1365°C.

Podatki, ki smo jih dobili s pomočjo instrumentacije eksperimentalnega valjarniškega ogrodja za valjanje, so pomembni s stališča predelave teh zlitin v industrijskem obsegu, saj omogočajo približno oceno reda velikosti sil, potrebnih za preoblikovanje večjih blokov. Ugotovili smo, da so te sile približno za 60 % večje, kot pri vroči predelavi jekla prokron 11.

Poudariti pa moramo, da poleg preoblikovalne trdnosti pri vroči predelavi nikakor ne smemo zanemariti tudi mikrostrukturnih dogajanj, ki jih v tem članku ne navajamo.

4. ZAKLJUČEK

Nikljeva superzlitina Nimonic 80 A, ki je namenjena uporabi pri povišani temperaturi, je problematična za vročo predelavo, še posebno če ima strjevalno mikrostrukturo. Občutljiva je na pojav raztrganin in ima visoko preoblikovalno trdnost v vročem.

Meritve na instrumentiranem, eksperimentalnem valjarniškem ogrodju na Metalurškem inštitutu so dale osnovne podatke, s pomočjo katerih je bilo mogoče bolje opredeliti pogoje pri valjanju in določiti preoblikovalno trdnost v odvisnosti od temperature deformacije. Izvedena instrumentacija je omogočila registracijo preoblikovalnih sil, preoblikovalnih momentov in položaja valjev pri vročem valjanju. V temperaturnem intervalu med 960°C in 1150°C smo izmerili preoblikovalne sile, ki so se gibale pri preoblikovalnih hitrostih okrog 4 s⁻¹ v območju od 1 do 4,5 kN.

Pri teh pogojih je bila izračunana preoblikovalna trdnost med 600 in 250 N/mm².

Sile, potrebne za vroče valjanje zlitine Nimonic 80 A, so za faktor 1,6 večje od sil, potrebnih za vroče valjanje na primer jekla prokron 11.

Dobljeni eksperimentalni podatki se zadovoljivo ujemajo z nekaterimi podatki iz literature za to in podobne zlitine.

LITERATURA

1. M. Torkar, F. Vodopivec, A. Rodič, I. Kos: Poročilo Metalurški inštitut, Ljubljana, 1985, št. 85—020
2. M. Torkar, A. Kveder, F. Vodopivec, A. Rodič, I. Kos: Poročilo Metalurški inštitut, Ljubljana, 1986, št. 86—029
3. »Superalloys 1980«, Proceedings of the 4th International Symposium on Superalloys, Ohio, 1980
4. Z. Wusatowski: Grundlagen des Walzens, VEB Verlag, Leipzig 1963
5. M. Torkar, F. Vodopivec, A. Kveder, B. Arzenšek, D. Kmetič, S. Triglav, B. Omejc: URP:C2-2557, RSS, Ljubljana 1988
6. W. Betteridge: The Nimonic alloys, Edward Arnold LTD, London, 1959

ZUSAMMENFASSUNG

Die Warmumformung der Nikelsuperlegierungen ist ein äusserst anspruchsvoller Prozess besonders noch in erster Stufe als das Material mit dem Gussgefüge verformt wird.

Die Instrumentierung des Versuchswalzgerüsts hat es ermöglicht die Registrierung der Verformungskräfte und die Berechnung der mittleren Verformungsfestigkeit der Legierung Nimonic 80 A. Im Temperaturintervall zwischen 960°C und

1.150°C betrug die Verformungsfestigkeit der Legierung Nimonic 80 A zwischen 600 und 250 N/mm².

Die nötigen Kräfte für das Warmwalzen der Legierung sind um den Faktor 1,6 grösser von den Kräften die für das Warmwalzen von austenitischem nichtrostendem Stahl Prokron 11 (X5CrNi/8/10).

SUMMARY

Hot working of nickel superalloys is a very demanding process, especially in the first stage when the material with solidification structure is deformed.

Instrumentation of the experimental rolling stand enabled the recording of rolling forces, and the evaluation of the mean yield stress for the Nimonic 80 A alloy.

In the 960 to 1150°C interval the yield stress for Nimonic 80 A was between 600 and 250 N/mm².

Forces needed for hot rolling are 1.6 times greater for the nickel alloys than for the Prokron 11 steel.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Горячая переработка никелевых супер сплавов представляет собой очень требовательный процесс в особенности в своей первой фазе, когда наступает деформация материала с структурным застыванием.

Инструментация экспериментального прокатного оборудования дала возможность определить преобразовательные

силы и выполнить расчёт средней преобразовательной твёрдости сплава Нимоник 80 А между 600 и 250 Н/мм².

Силы, которые необходимы для горячей прокатки сплава находятся 1.6 выше от сил, которые требуются для прокатки стали Прокрон II.

TEHNIČNE NOVICE

Amorfne kovine in tehnologija hitrega strjevanja na Metalurškem inštitutu v Ljubljani

B. Šuštaršič,* J. Rodič**

1. UVOD

V maju leta 1989 je Metalurški inštitut Ljubljana dobil moderno laboratorijsko napravo za ulivanje amorfnih trakov, podjetja Marco Materials Inc., model 10M Melt-Spinner, in drobilec za upraševanje amorfnih trakov, model 10M Ribbon Pulverizer. Napravi sta nabavljeni s pomočjo lastnih sredstev, sredstev združenega dela in RSS v okviru uvoza raziskovalne opreme »paket IV/1987«. Skupaj z napravo za vodno atomizacijo, vročo izostatsko stiskalnico in vakuumsko pečjo za toplotno obdelavo tvori ta naprava osnovno opremo za raziskovalni program, usmerjen v sodobne kovinske materiale, izdelane po postopkih metalurgije prahov oziroma hitrega strjevanja kovinskih talin.

2. AMORFNE KOVINE IN TEHNOLOGIJA HITREGA STRJEVANJA

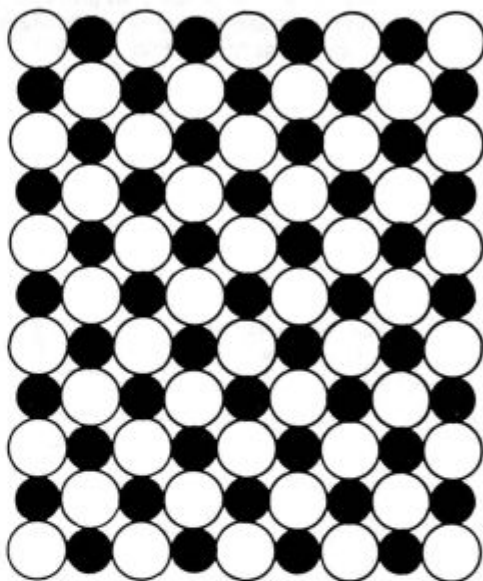
Amorfne kovine so skupina zlitin z lastnostmi, značilnimi za kovine, vendar nimajo normalne kristalinične zgradbe z ureditvijo atomov v redu dolgega dosega kot konvencionalni kovinski materiali. Amorfnе kovine imajo atome urejene v tako imenovanem redu kratkega dosega (angl.: short range order, glej **slika 1**), kar je značilnost vseh amorfni materialov in tudi stekla. Zato jih nekateri tudi imenujejo kovinska stekla (angl.: metallic glasses).

Leta 1960 je A. I. Gubanov²¹ napovedal obstoj amorfni feromagnetnih materialov in res sta R. H. Willens in P. Duwez^{2,31} s skupino raziskovalcev v tem času izdelala prve amorfne kovinske zlitine (Au-Si) s pomočjo hitrega ohlajanja taline z metodo puške. V tem času, in celo že nekaj prej, je močno naraslo zanimanje za amorfne materiale. Tako je že v letu 1959 Turn podal pogoje za oblikovanje amorfne strukture. V naslednjih letih je vrsta znanstvenikov (H. A. Davies, Luborsky, Uhlman, Osipov, itd.) študirala pogoje ostekljevanja, na osnovi katerih so izdelani tudi različni teoretični modeli, matematične rešitve in empirične enačbe³¹. Natačneje je poročal o amorf-nem magnetnem železu z dodatki (posebej Si) W. Felsch²¹ v letu 1966.

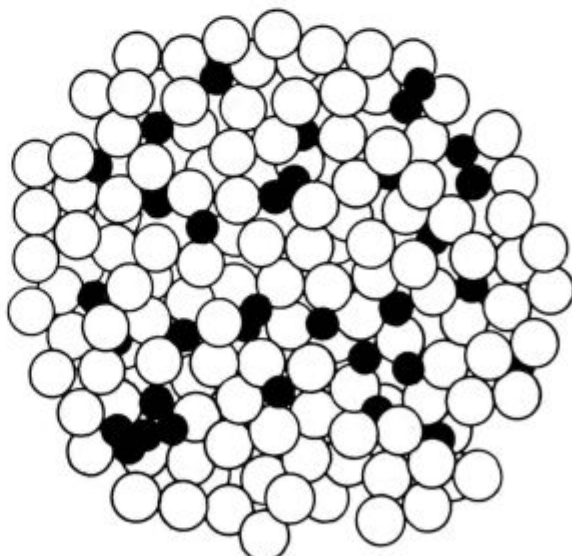
Nadaljni napredek na tem področju je v letu 1970 dosegel P. Duwez^{2,3}, ki je ugotovil, da je možno hitrosti ohlajanja za doseg amorfne strukture močno znižati, če osnovni kovini, ki je običajno ena od prehodnih kovin (Fe, Co, Ni), dodamo metaloide, kot so B, Si, C, Ge. V letu 1978 sta H. Hillman in Hilzin³¹ v Brightonu razvila še nov postopek izdelave amorfni litih trakov na hitro vrtečem se valju. S tem je bila odprta pot do danes že dobro uveljavljeni industrijski tehnologiji izdelave litih trakov amorfni kovin oziroma zlitin.

Danes v svetu obstaja že vrsta proizvajalcev^{2,6,91} (npr.: v ZDA — Allied Corporation, v ZRN — Vacuumsmelze GmbH, F. Krupp GmbH, na Japonskem —

Toshiba, Jokohama Magnetics, Sumitomo Metals, TDK, Matsushita, Hitachi in v vzhodni Evropi — SZ, ČSSR), ki prodajajo v relativno velikih količinah amorfne kovinske trakove in seveda tudi končno uporabne izdelke.



a)



b)

Slika 1:

Primerjava razporeditve atomov pri a) kristaliničnih in b) amorfni materialih³¹.

* Borivoj Šuštaršič, dipl. ing. met., Metalurški inštitut Ljubljana

** dr. Jože Rodič, dipl. ing. met., Metalurški inštitut Ljubljana

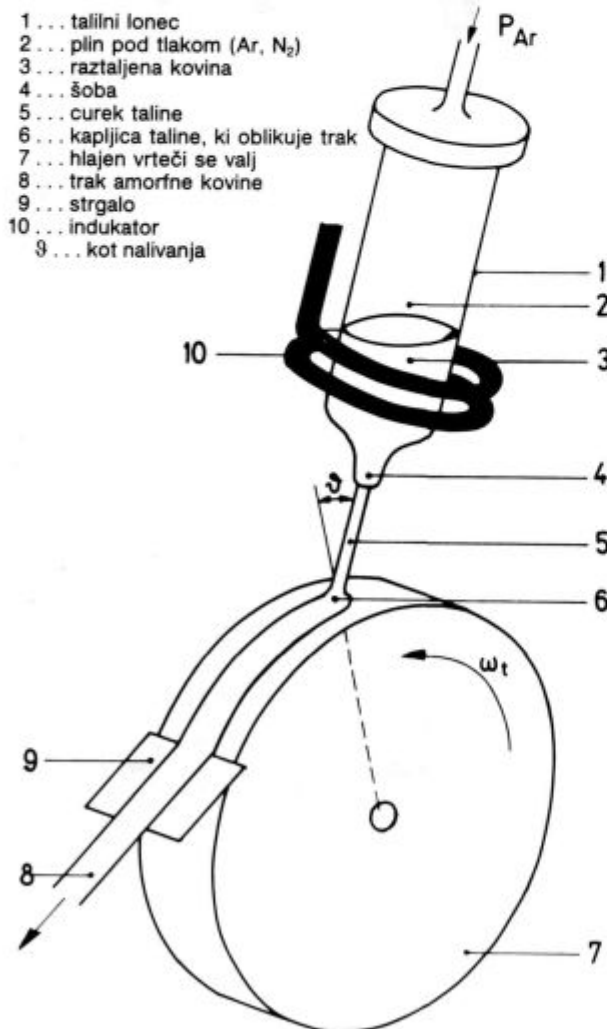
*** Originalno publicirano: ŽEZB 23, 1989, 4

Rokopis prejet: avgust 1989

3. POSTOPEK IZDELAVE LITIH AMORFNIH TRAKOV

Do sedaj je bila razvita vrsta postopkov izdelave mikrokristaliničnih in amorfnih kovin⁷⁾, vendar se je v svetu najbolj tržno uveljavil postopek ulivanja amorfnih trakov na hitro vrtečem se valju (angl.: Melt Spinning Process, nem.: Schmelz — Spinnverfahren), ki ga bomo zato na kratko tudi opisali. Kovino, raztaljeno v indukcijski talilni peči (običajno v zaščitni atmosferi Ar ali N₂), pod tlakom brizgamo (nalivamo) skozi šobo talilnega lonca na hitro vrteči se valj oziroma boben. Pri tem se kovina ohlaja z veliko hitrostjo ($\approx 10^6$ K/sek.) in oblikuje tanek strjen amorfni trak, ki se zbira v zbiralniku ali že neposredno avtomatsko navija na zbiralnem kolotu. Na sliki 2 je shematično prikazan postopek.

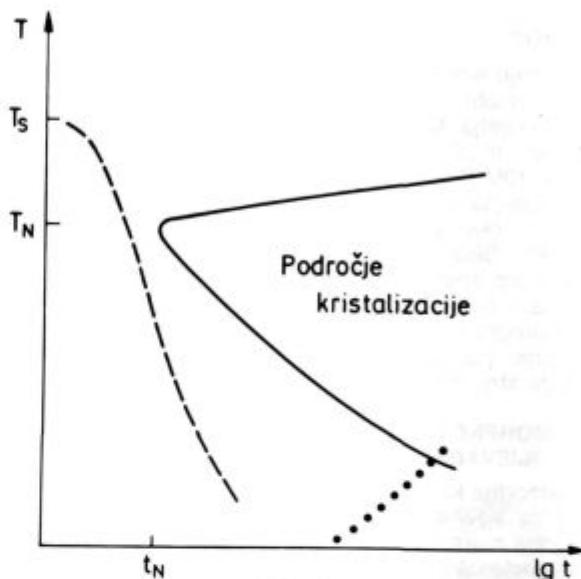
Debelina izdelanega traku je zaradi zahtevane velike hitrosti ohlajanja do maksimalno 40 μ m. Značilnosti izdelanega amorfnega traku je tudi ta, da prehaja v kristalinično stanje, če presežemo določeno kritično temperaturo (običajno 400—500°C). Glavne vrste amorfnih mehkomagnetnih zlitin so izdelane na osnovi Fe, Ni in Co z dodatki 5—15% metaloidov (B, Si), ki v bistvu znižujejo kritično hitrost ohlajanja, potrebno za prehod v amorfno oziroma steklasto stanje, ker so premeri atomov osnovne kovine mnogo večji od atomov dodanih metaloidov. Za določitev pogojev ohlajanja so za



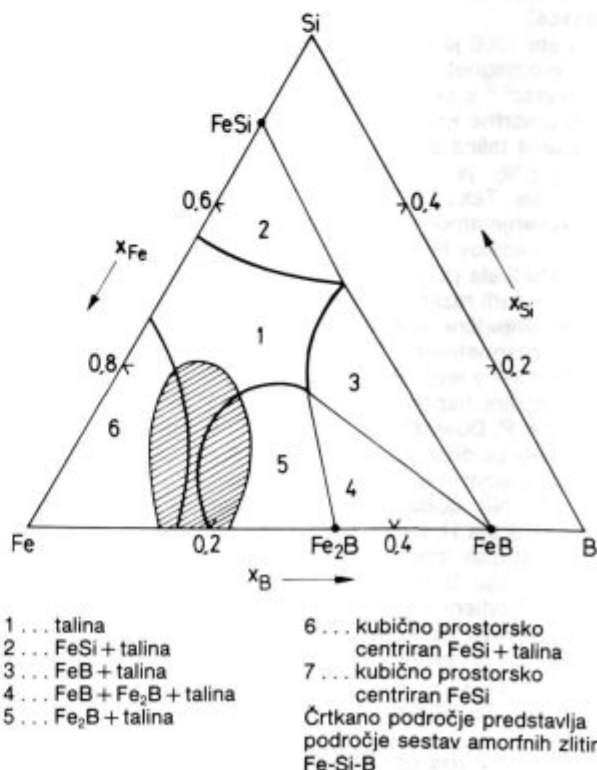
Slika 2: Postopek izdelave kovinskih amorfnih trakov¹⁾.

posamezne zlitinske sisteme pričeli na osnovi preiskov izdelovati izotermne diagrame ali tudi kontinuirne TTT (angl.: time — temperature — transformation diagrams, glej slika 3), ki so v metalurgiji poznani predvsem za določevanje pogojev strukturnih premen.

Najpogosteje so zlitine Fe-Si-B v področju sestav, ki so prikazane v ternarnem faznem diagramu na sliki 4. Z mešanjem kovin in metaloidov lahko tako oblikujemo različne zlitine z lastnostmi, ki so prilagojene posebnim namenom uporabe.



Slika 3: Shematični TTT diagram za prehod taline v amorfno stanje (---) in pogoji toplotne obdelave (...)¹⁾.



Slika 4: Ternarni fazni diagram Fe-Si-B pri 1500°C¹⁾.

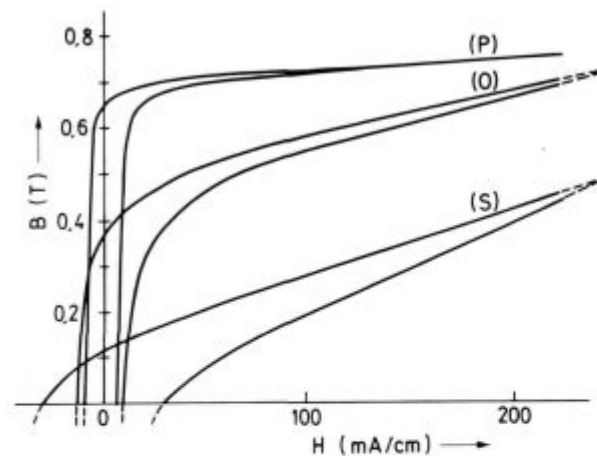
4. LASTNOSTI IN UPORABA AMORFNIH KOVINSKIH TRAKOV

Amorfne zlitine danes uporabljajo predvsem v elektroniki in elektrotehniki kot mehkomagnetne materiale in kot dele različnih mehanskih sklopov. Kot magnetni sklopi se največ uporabljajo v obliki navitih lameliranih toroidnih jeder ali jeder drugih oblik (C, U, E jedra) za transformatorje (miniaturni, 400 Hz močnosti in transformatorji za impulzne napetostne pretvornike). Uporabljajo se tudi kot magnetni oklopi, dušilke, magnetoelastična čutila, audio in video rekorderske glave, merilni pretvorniki, itd. Materiali so frekvenčno izredno stabilni in so v splošnem uporabni od 50 Hz do 100 kHz. Kot mehanski sklopi se uporabljajo predvsem za magnetne in nemagnetne vzmeti zaradi odličnih vzmetnih lastnosti.

Mehkomagnetne amorfne materiale je potrebno za doseganje optimalnih lastnosti toplotno obdelati v magnetnem polju. V odvisnosti od jakosti in smeri magnetnega polja je možno dobiti za dano kemično sestavo zlitine različne oblike histerezne zanke. Temperature toplotne obdelave so 50 do 100° C pod temperaturo prehoda v kristalinično stanje, običajno v zaščitni atmosferi. Najbolj značilne oblike statične histerezne zanke (glej **sliko 5**), dobljene po toplotni obdelavi na navitem toroidnem jedru iz zvitega amorfnega traku, so:

- ovalna (O),
- pravokotna (P),
- sploščena (S).

Oblika histerezne zanke določa velikost maksimalne permeabilnosti (μ_{max}), začetne permeabilnosti (μ_0) in magnetnih izgub (P_v) pri visokih frekvencah in gostotah magnetnega polja. Najvišje μ_{max} daje kvadratna oziroma pravokotna histerezna zanka, najvišje μ_0 in najnižje P_v pa daje sploščena histerezna zanka. Na **sliki 5** prikazujemo značilne oblike histereznih zank tržno dosegljivega amorfnega materiala na osnovi Fe in Ni v odvisnosti od vrste toplotne obdelave.



Slika 5:

Značilne oblike histereznih zank amorfne zlitine na osnovi Fe-Ni po različnih vrstah toplotne obdelave v magnetnem polju²⁾.

V splošnem imajo mehkomagnetne amorfne zlitine na osnovi Fe visoko gostoto magnetnega polja pri nasičenju (B_s), nizke magnetne izgube in relativno veliko magnetostrikcijo (λ), ki določa dimenzijske spremembe med magnetenjem. Zlitine na osnovi Fe in Ni imajo pri srednjih B_s višje permeabilnosti in zelo nizke magnetne izgube v primerjavi s zlitinami na osnovi Fe. Enako velja tudi za magnetostrikcijo. Zlitine na osnovi Co praktično

nimajo magnetostrikcije in so zato skoraj neobčutljive na mehanske obremenitve. Obstajajo tudi nemagnetne amorfne zlitine na osnovi Ni.

V primerjavi s kristaliničnimi materiali imajo amorfne kovine visoko mejo elastičnosti, ki je skoraj enaka natezni trdnosti. Imajo tudi dobro trajno dinamično upogibno trdnost in veliko trdoto. Takšne mehanske lastnosti pa so pogoj za dober (idealni vzmetni material). Visoke vsebnosti Ni zagotavljajo tudi dobro korozijsko obstojnost.

Amorfne zlitine so na voljo v obliki tankih trakov, širine 10—25 mm (50 mm), debeline 20 do 40 μ m, navite v svitke standardiziranih dimenzij, teže približno 0.5 kg. Seveda mnogi tuji proizvajalci^{2,9)} nudijo tudi končne izdelke, bodisi da so to jedra zalita v termoplaste ali že kompletni sklopi (na primer: impulzni napetostni pretvorniki, alarmne naprave itd.). Toplotna obdelava se lahko izvede po želji končnega uporabnika pri proizvajalcu ali kupcu.

Kot smo že dejali, so lastnosti amorfne kovine oziroma zlitin predvsem odvisne od njihove sestave, oblike in dimenzij izdelka ter pogojev toplotne obdelave v magnetnem polju. V **tabeli 1** so podane značilne vrednosti fizikalnih lastnosti amorfne zlitine²⁾, ki so seveda odvisne od prej naštetih pogojev:

TABELA 1: Fizikalne in mehanske lastnosti tržno dosegljivih amorfne zlitine²⁾

Lastnosti	Enota	Vrednost
Gostota	g/cm ³	7.1—8.0
Sp. el. upornost	Ω mm ² /m	0.9—1.35
Koeficient toplotnega širjenja	10 ⁻⁷ /K	80—130
Vickersova trdota	HV ₀₂	800—1000
Modul elastičnosti	kN/mm ²	150
Natezna trdnost (meja elastičnosti)	N/mm ²	1500—2000
Trajna dinamična upogibna trdnost (10 ⁷ ciklov)	N/mm ²	\pm 700 do \pm 800
Temperatura začetka kristalizacije	°C	450—500
Mejna temperatura uporabnosti	°C	100 do 200° C

V **tabeli 2** so navedene značilne vrednosti magnetnih lastnosti amorfne zlitine, izmerjenih na navitih toroidnih jedrih z zunanjim premerom 20 mm iz zvitega amorfnega traku, debeline 25 μ m.

Meritve amorfne trakove Fe-Ni-Si-B na Metalurškem inštitutu Ljubljana in v ISKRA Elementi TOZD Feriti so pokazale, da imajo amorfni trakovi lastnosti v okviru podatkov tujih proizvajalcev, ki so navedeni v tabelah 1 in 2. Na **sliki 6** je podan diagram sila — raztezek za natezni preizkus litega amorfnega traku, debeline 24 μ m in širine 20 mm. Iz diagrama vidimo, da je obnašanje traku pri natezanju povsem togo elastično, brez vsake plastične deformacije. Meja elastičnosti in natezna trdnost praktično sovpadata, kar je značilnost stekla oziroma amorfne materialov. Izmerjene natezne trdnosti so bile med 1500 in 1600 N/mm². Izmerjeni elastični razteзки so se gibali med 4 in 5 %, kar je neprimerno več kot pri steklu. Meritve torej potrjujejo uporabnost amorfne trakove na področju mehanskih vzmeti.

TABELA 2: Značilne magnetne lastnosti toroidnih jeder, izdelanih iz tržno dosegljivih amorfnih trakov²⁾

Lastnosti	Enota	Vrednost	Oblika histerezne zanke
Magnetna indukcija pri nasičenju B_s	T	0.6—1.5	
Curiejeva temp. T_c	°C	250—400	
Magnetostrikcija pri nasičenju λ_s		0.3—30·10 ⁻⁶	
Statična koercitivnost H_c	A/m	0.4—4	
Remanenca B_r	T	0.5—1.2	
B_r/B_s		0.8—0.9	(P)
M_i (50 Hz)		3·10 ³ — —150·10 ³	
M_{max} (50 Hz)		10 ⁵ —6·10 ⁵	
B_{max}		0.4—0.7	
Magnetne izgube W/kg oz. nW/g		4—10	(S)
P_s pri 0.2 T in 20 kHz	mW/cm ³	30—70	

Meritve magnetnih lastnosti (glej slike 7 do 10) kažejo, da so mehkomagnetne amorfne zlitine po lastnostih do frekvece 20 kHz, v nekaterih primerih pa tudi višje, primerljive z mehkomagnetnimi MnZn feritnimi materiali, kar jim ob višjih B in μ daje vsekakor bistvene prednosti (miniaturizacija, manj bakrenega navitja itd.). Magnetne izgube so nižje, istočasno pa so temperaturno praktično neodvisne⁵⁾, kar napoveduje prodor jeder, izdelanih iz amorfnih trakov, na področje impulznih napetostih pretvornikov (angl.: Switch Mode Power Supply — SMPS)^{2,5,7}.

SPECIMEN DATA

TEST TYPE	TENSION	UP
MATERIAL	AMORF. FE-NI	
BATCH	2 NSR	
GAUGE LENGTH	50	MM
CROSS SECTION	RECTANGULAR	
— WIDTH	19.2	MM
— THICKNESS	0.024	MM
TEMPERATURE	23	°C
HUMIDITY	74	%

RESULTS SET-UP 1

MODULUS	BEST FIT 1	
MOD POINT1	200	N
MOD POINT 2	700	N
SET POINT 1	OFF	

RESULTS

ADJUSTED GAUGE LENGTH	150.00	MM
MODULS	1	
BEST FIT 1	N/MM ²	
	3.850E + 04	
AT PEAK	N/MM ²	%
	1.535E + 03	4.400

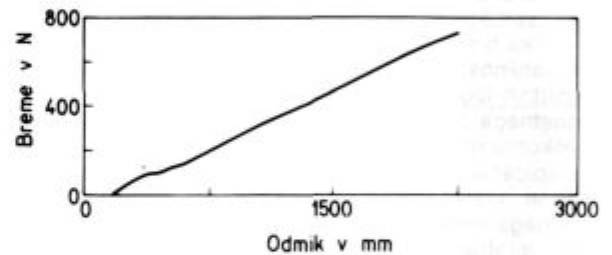
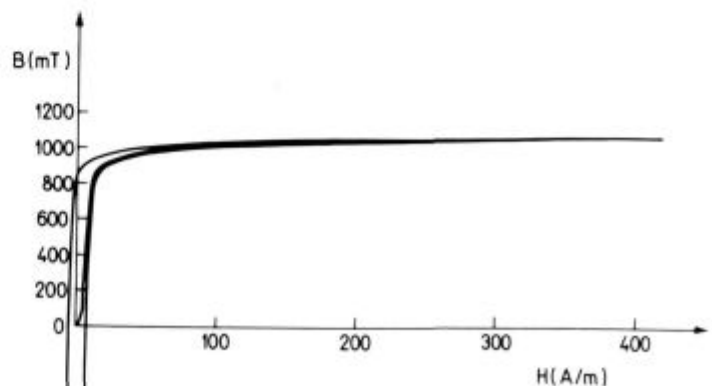
**Slika 6:**

Diagram sila — raztezek nateznega preizkusa izdelanega na amorfnem traku Fe-Ni-Si-B, širine 20 mm in debeline 24 μ m (MI in Tekstilna fakulteta Ljubljana, 1989).

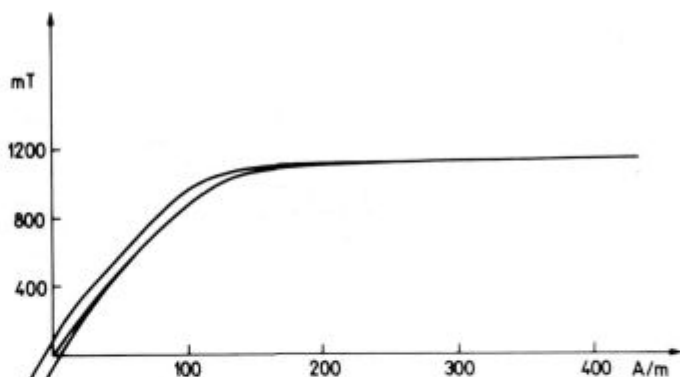
a)

Material: 2NSR (amorfnа zlitina na osnovi Fe)
 Termomagnetna obdelava: II mag. polje
 Koercitivnost $H_c = 7$ A/m
 Remanenca $B_r = 880$ mT



b)

Material : ZNSR (amorfna zlitina na osnovi Fe)
 Termomagnetna obdelava : 1 mag polje
 $H_C = 7,3 \text{ A/m}$
 $B_r = 100 \text{ mT}$

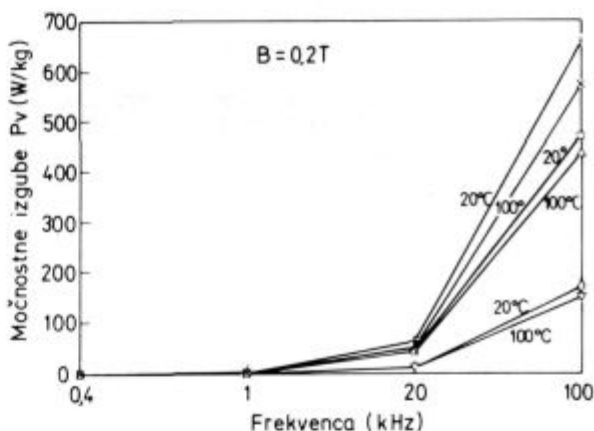
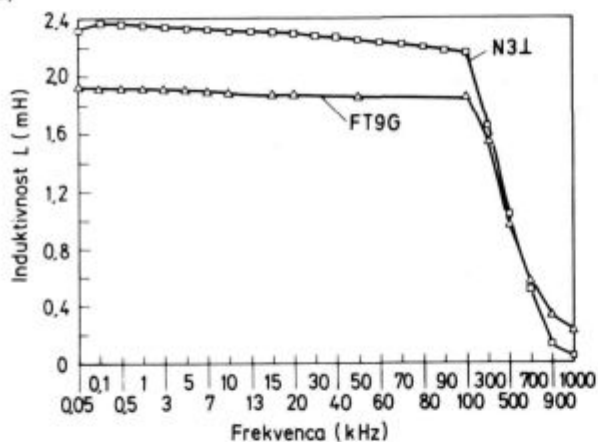


Slika 7:

Statične histeresne zanke toroidov, izdelanih iz amorfnega traku Fe-Ni-Si-B: a) toplotno obdelano v vzdolžnem in b) pre-

čnem magnetnem polju. Merjeno v ISKRA Elementi TOZD Feriti (april 1989).

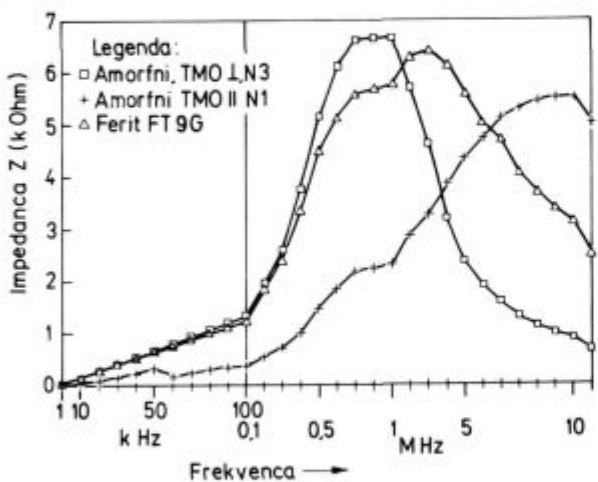
a)



Slika 9:

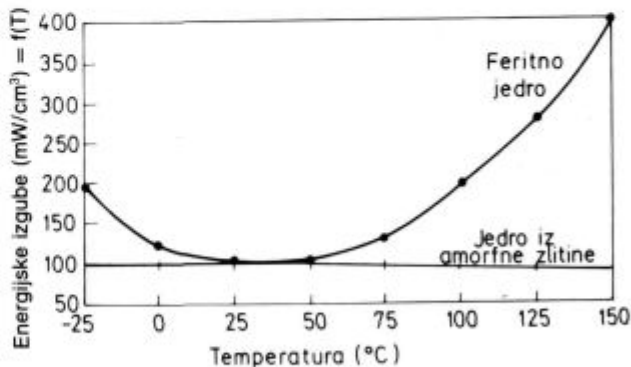
Magnetne izgube P_v v odvisnosti od frekvence za toroid dimenzij $D_e = 30 \text{ mm}$, $D_n = 20 \text{ mm}$ in $h = 20 \text{ mm}$ s 30 ovoji izdelan iz amorfnega traku Fe-Ni-Si-B in toplotno obdelan v vzdolžnem oziroma pravokotnem magnetnem polju. Iz diagrama vidimo, da so magnetne izgube najmanjše ($P_{v(0,2 \text{ T}, 20 \text{ kHz})} \approx 10 \text{ W/kg}$) pri vzorcu, ki je bil toplotno obdelan v pravokotnem magnetnem polju. Merjeno v ISKRA Elementi TOZD Feriti (april 1989).

b)



Slika 8:

a) Induktivnost in b) impedanca v odvisnosti od frekvence. Primerjava toroid izdelan iz amorfnega traku in ferit približno enake velikosti. Merjeno v ISKRA Elementi TOZD Feriti (april 1989).



Slika 10:

Primerjava magnetnih izgub v odvisnosti od temperature za amorfni in feritni material⁽⁵⁾.

V naši informaciji smo se zaenkrat omejili le na mehkomagnetne amorfne materiale, vendar številne študije po svetu⁶⁾ kažejo, da je tehnologijo hitrega strjevanja in amorfne materiale možno uporabiti tudi na številnih drugih področjih. Najbolj zanimivo je vsekakor področje metalurgije prahov. Izdelava super trdomagnetnih materialov Fe-Nd-B preko drobljenja litih amorfnih oziroma mikrokristaliničnih trakov v zaščitni atmosferi in vroče ekstruzije ali stiskanja prahu v magnetnem polju obeta cenejšo in produktivnejšo tehnologijo izdelave te vrste magnetov^{4, 8)}. Nova Melt Spinner naprava na Metalurškem inštitutu v Ljubljani vsekakor obeta naše razvojno raziskovalno vključevanje tudi na tem področju.

5. ZAKLJUČKI

V okviru pilotne proizvodnje in mednarodnih kooperacijskih povezav lahko Metalurški inštitut Ljubljana že v letu 1989 dobavlja mehkomagnetne amorfne trakove na osnovi železa (zlitine Fe-Si-B oziroma Fe-Ni-Si-B), debeline 25 μm in širine 10, 20 ter 50 mm. V začetni fazi našega razvojno-raziskovalnega dela na področju amorfni materialov smo osvojili osnovno metodologijo določevanja bistvenih mehanskih in magnetnih lastnosti tankih amorfni trakov. Z zagonom nove pilotne naprave Melt Spinner pa bo možno v nadaljevanju osvojiti lastno

tehnologijo izdelave mehkomagnetnih amorfni trakov s posebnimi lastnostmi (zlitine na osnovi Ni in Co) in trdomagnetne prahove Fe-Nd-B.

6. LITERATURA

1. V. Jaschinski, W. Wolf, U. Koenig in J. Hartwig: Amorphe Metalle — Entwicklung einer neuen Werkstoffklasse, Tech. Mitt. Krupp, Forsch. Ber., 39, 1981, 1, 1—11.
2. Vacuumschmelze GMBH, komercialni prospekt VC001, 2/83, Vitrovac Amorphous Metals.
3. B. Šuštaršič: interni zapiski s predavanj na tretji stopnji FNT metalurgija prof. Egvina Girta, PNMF — Sarajevo, februar 1989.
4. C. J. Jang, R. Ray: Fe-Nd-B PM Magnets via Advanced Melt Spinning Technology, Marco Materials Inc., MPR, januar 1989, s. 54—58.
5. C. E. Mullet, D. M. Nathasingh: Amorphous Magnetic Materials Offer Advantages for HF Supply Filters, PCIM, julij 1988, 32—33.
6. F. H. Froes, R. Carbonara: Applications of Rapid Solidification, Journal of Metals, 1988, 2, 20—27.
7. I. Ohnaka: State of the Art of Research and Development in RST in Japan, Transactions ISIJ, 27, 1987, 919—928.
8. J. Ormerod: PM of Rare Earth Permanent Magnets, Metals and Materials, avgust 1988, 478—482.
9. Allied Corporation: Metglass Electromagnetic Alloys, komercialni prospekt, 15M—10/81.

Normalizacijsko žarjenje verig

F. Legat^{**}, J. Žvokelj^{**}

UVOD

Tehnika varjenja verig pozna več postopkov:

1. Med najstarejše spada takoimenovano kovaško varjenje, ki pa se danes zelo redko še uporablja. V poštev pride pri varjenju nepomirjenih, nizkoogljčnih jekel, kadar ni mogoče zaradi nenormalne oblike ali velikosti verižnega elementa narediti na bolj sodobnem stroju.

Poznano je varjenje z enim ali z dvema gretjema. Narezane komade in upognjene na stiskalki v obliko U segrevamo na kovaškem ognjišču. Ko surovec doseže kovaško temperaturo, ga pripravimo za varjenje, tako da ga na koncih sploščimo in delno zakrivimo. Tako pripravljen člen segrevamo ponovno na 1100—1200° C, ga lepo prekrijemo in zakujemo do konca. Končno obliko zvar dobi pod ročnim padalnim kladivom, kjer se kalibrira v posebnem orodju. To je varjenje z dvema gretjema. Pri enem gretju opravimo celotno kovanje naenkrat. Zvar ni kvaliteten in se z enim gretjem sploh ne uporablja več.

Tudi pri varjenju z dvema gretjema dobimo dosti oksidnih vključkov in zažganih razpok. Prav zato računamo pri obremenitvah v praksi le na njegovo 75 %-vrednost.

2. Topo elektroporovno varjenje je drugi, tudi dokaj star način, ki pa se je v zadnjih letih spremenil in moderniziral.

Delimo ga v:

- klasični sočelno uporovni način,
- v moderni sočelno uporovni način,

kjer imamo konstanten dovod energije za vsak zvar, posebno močan pritisk in celoten obrez zvarnega venca.

Pri klasičnem, že dolgo poznanem načinu nastane pri prehodu električnega toka preko stika velik upor. Oba konca, ki sta normalno obrezana, se močno segrejeta. Segrevanju sledi stiskanje preko posebnih ročic ali vzmeti in tako dobimo zvar.

Na zvarnem mestu nastane velika odebelitev preza, zvarni venec, ki ga posebno orodje zakuje in noži dokončno odstranijo.

Pri samem varjenju pa v zvaru nastanejo oksidi, ki se pri stiskanju delno iztisnejo iz vara, precej pa jih ostane še v spoju. Zvar zato ni homogen, v njem najdemo vedno napake, okside, izceje in razne vključke. Pri termični obdelavi, kot je poboljšanje, se te napake še povečujejo.

3. Novi, izpopolnjeni način čelnega elektroporovnega varjenja je razvila firma WAFIOS. V osnovi je princip varjenja skoraj enak staremu, le z novo regulacijsko tehniko je dovod energije bolj natančen, enakomeren.

Pritisk je dokaj velik in pri večjih strojih v celoti izveden s hidravliko. Stroji so poznani pod imenom KEH.

Postopek varjenja je razdeljen v več stopenj:

Prvi dve stopnji služita samo kot priprava spojnega dela. Cilj te priprave je enakomeren dotok električne energije v določenih električnih fazah. Postopek je zelo čist in porabi manj materiala. Za nemoten proces v proizvodnji moramo imeti nekoliko bolj pozorno pripravljeno žico, po možnosti vlečeno, kar nam daje dobre stične ploskve pri elektrodah in solidne tolerance pri upogibanju.

Izpopolnjen in izboljššan klasičen način sočelnega elektroporovnega varjenja je danes že osvojeni (KEH) sistem sočelnega elektroporovnega varjenja. Ta je tako izpopolnjen da z njim uspešno varimo vsa navadna in mikrolegirana jekla, ki jih norma DIN 17115 predvideva za proizvodnjo navadnih in visokoodpornih verig. Ta sistem zato uspešno zamenjuje obžigalni način varjenja in klasičen način sočelnega varjenja.

Pomembne lastnosti novega sistema varjenja so:

- kontroliran dovod energije za varjenje,
- kontroliran hidravlični tlak za stiskanje,
- oblika spojev — zvarnih mest je že pri rezanju in upogibanju lepo in primerno pripravljena,
- lep obrez zvarnega venca,
- elektroenergija se v celoti porabi le za segrevanje zvarnega spoja,
- dimenzijsko območje varjenja je od premera $\varnothing 3$ mm do $\varnothing 26$ mm.

4. Obžigalno elektroporovno varjenje z izmeničnim tokom:

Pri tem načinu varjenja jeklena spojna dela, ki jih varimo, staknemo le toliko, da med njima pride do električnega kratkega stika.

Ko spojna dela takoj nato rahlo odmaknemo, nastane tokovni lok. Material se na spojnih površinah zaradi elektroporovnega loka močno sregreje. Temperatura je tako visoka, da se material na površini stopi. Ogljik v jeklu začne zgorevati in z ostalim raztopljenim materialom izletava iz spojnega dela. Pri varjenju pustimo, da del tega materiala na spojnih površinah odgori, potem pa s primernim pritiskom zvarna konca stisnemo. Tako se material zvari. Pri tem okrog zvara nastane greben — grad, ki ga takoj odrežemo s posebnimi noži, ki so na varilnem stroju.

Po tem postopku lahko varimo vsa jekla, ki se praktično uporabljajo za verige. Nekaj težav povzročajo le nekatera Cr-Si jekla, Al-jekla in siva litina. Vse te zlitine pa v praksi ne pridejo dostikrat v poštev.

*1 Franc Legat, dipl. ing. met., Veriga Lesce, Lesce

*2 Janez Žvokelj, dipl. ing. met., Metalurški inštitut Ljubljana

** Originalno publicirano: 23, 1989, 4

*** Rokopis prejet: avgust 1989

Obžigalno elektroporovno varjenje z izmeničnim tokom je pri proizvodnji verig izvedljivo na dva načina:

- varjenje brez predgrevanja in
- varjenje s predgrevanjem.

Za vsak način mora biti varilni stroj posebej prirejen.

Pri varjenju brez predgrevanja se hrbtni del verižnega člana segreva istočasno, ko se člen vari — vzporedno segrevanje in varjenje. Varilni stroj mora za ta način varjenja razpolagati z večjo količino energije, z močnejšim transformatorjem.

Postopek obžigalnega varjenja s predgrevanjem lahko razdelimo na naslednje faze:

- predgrevanje,
- obžiganje,
- stiskanje — varjenje.

Pri varjenju dobi člen glede na postopek, višino temperature in količine toplote zelo pisano kristalno strukturo.

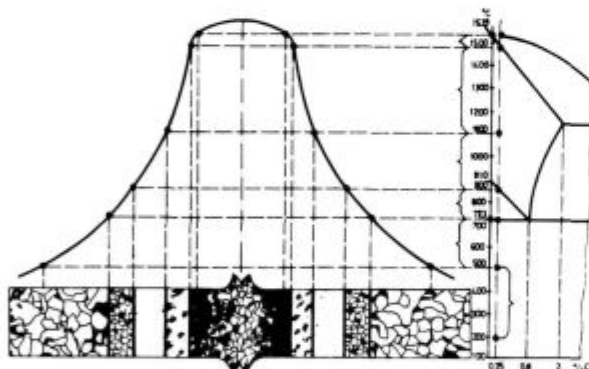
Za obžigalno varjenje lepo kaže celoten strukturni razpored — **slika 1**.

Lastnosti zvarnih spojev pri obžigalnem varjenju so odvisne predvsem od dveh pogojev:

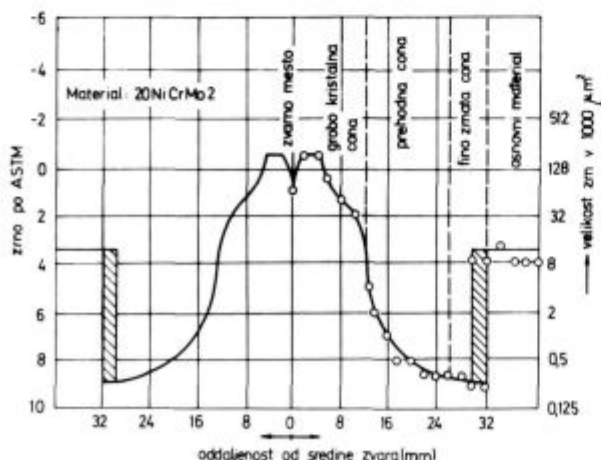
- toplotnega ciklusa, ki nastane med samim procesom varjenja in
- kemičnih sprememb, ki nastanejo v zvarnem spoju in delno tudi v njegovi okolici.

Če pogledamo tvorbo in obliko kristalov v zvarnem spoju, nastanejo zaradi toplotnega vpliva različne strukture:

1. struktura osnovnega materiala,
2. zvarni spoj (običajno delno lita struktura),



Slika 1



Sprememba velikosti avstenitnega zrna pri odgrevano varjeni coni

Slika 2

3. vmes med strukturo osnovnega materiala in zvara pa je prehodna — toplotno vplivana zona, ki ima od osnovne strukture najprej fino zrnati del, nato pa preide v bližini zvara v Widmanstättsko obliko zrn.

Kakšne temperature nastopajo pri varjenju na posameznih mestih, kaže diagram. **Slika 2** nam nazorno kaže spreminjanje velikosti avstenitnih zrn v varjeni coni in v odvisnosti od oddaljenosti od zvara.

Seveda vpliva na celotno razporeditev velikosti kristalov že osnovna struktura jekla. To je posebno zanimivo pri manganskih jeklih, ki imajo ponavadi izrazito trakasto strukturo.

Velikost avstenitnih zrn in tvorba sekundarne strukture v posameznih conah je precej odvisna od kemične sestave jekla, pogojev avstenitizacije in od posameznih legirnih elementov, ki regulirajo oziroma preprečujejo naraščanje zrn, pa tudi od pogojev hlajenja.

Zelo pomembna je seveda izguba ogljika v zvaru in tvorba lite strukture.

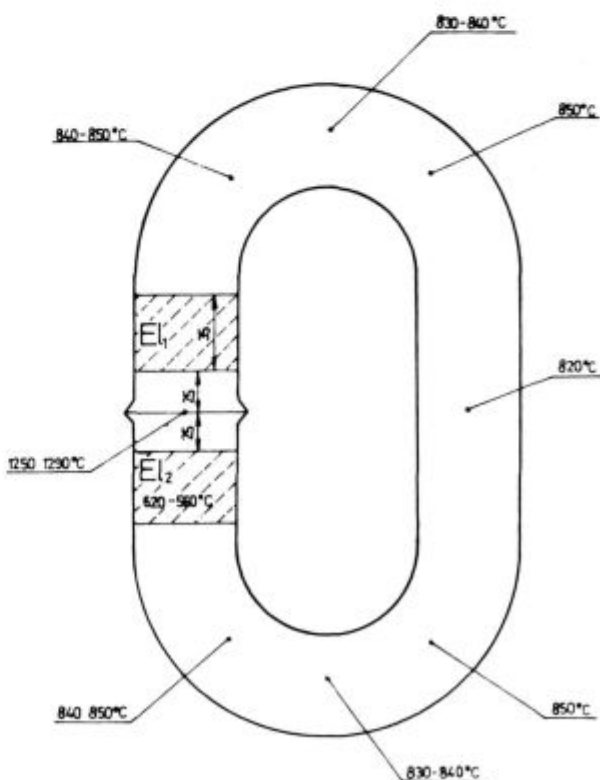
Poleg ogljika izgublamo v zvaru tudi ostale elemente, vendar je odstopanje pri ogljiku največje. Feritna cona nastane zaradi spremembe faz v samem zvaru.

Kako so razporejena temperaturna polja po členu, vidimo na členu $\varnothing 50$ mm iz jekla Č 8330 nekaj sekund po varjenju (**slika 3**).

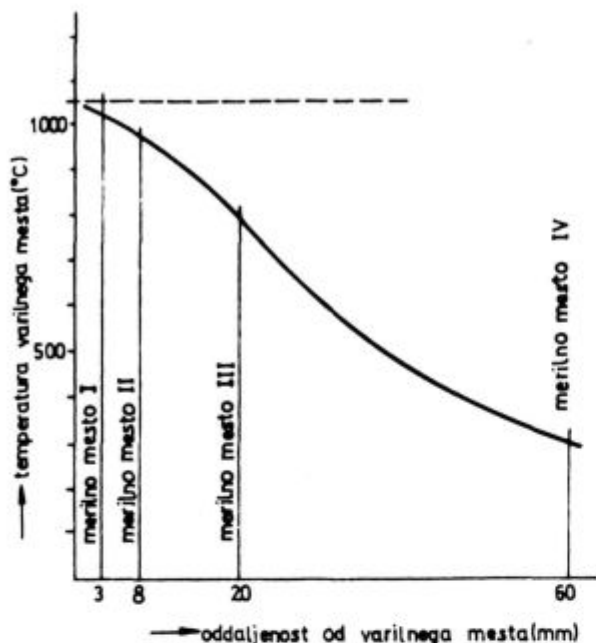
Krivulja na **sliki 4** nam kaže toplotne cone po stiskanju v odvisnosti od oddaljenosti od varilnega mesta.

Na diagramu vidimo, da temperatura 8 mm oddaljene točke od zvara znaša le še 980—1000°C po stiskanju; 20 mm oddaljena točka je v tem času segreta na 800°C. Na merilnem mestu 4 pa temperatura pade na 480°C—500°C. Ta del se nahaja že pod elektrodami, ki intenziv-

Temperaturne točke in temperaturne cone pri členu $\varnothing 50$ mm v 8 s po varjenju



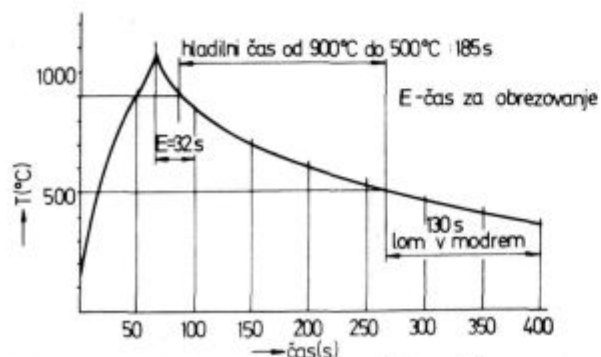
Slika 3



Slika 4

no odvajajo toploto zaradi dobre prevodnosti in zadovoljivega hlajenja. Seveda te krivulje veljajo samo za mrzle člene; za tiste, ki so bili po krivljenju ohlajeni in nato šele varjeni. Pri toplem upogibanju pa so temperature višje po celem členu, razen zvarnega venca, ki ima isto temperaturo pri stiskanju.

Diagram na sliki 5 nam kaže ohlajevalni čas in padanje temperature s časom na zvarnem delu členu. Važen je čas, ki ga rabi člen za ohlajanje od 900 do 500°C. Ta čas je v našem primeru dolg 185 sekund, kar ne vpliva na strukturo toliko, da bi prišlo lahko do zakalitve. Obrezovanje zvarnega venca se izvrši takoj po varjenju in traja 32 sekund. Ta čas je precej odvisen od temperature zvarnega dela (hiter transport do obsekovalnega primoža) od kvalitete jekla, od velikosti venca in od obsekovalnega orodja. Obsekovanje je zaključeno običajno pri temperaturi 830–860°C, kar je tudi potrebno. Ves postopek varilnega postrojenja mora biti tako urejen, da se obsekovanje izvrši v toplem območju nad A_{c3} črto. Prav posebno se moramo izogibati območja loma v modrem, to se pravi temperaturnega intervala 300–500°C. Ta temperatura pri našem obrezovanju nikdar ne nastopa. Približamo pa se tej coni pri vtiskava-



Toplotna cona in temp.točke varnega dela in okolice v odvisnosti od časa

Slika 5

nju mostičkov (prečk). Temperature so običajno 600 do 680°C. Nevarnost razpok pri vtiskavanju nastopi pri členih, ki so bili bolj kratko odrezani in imajo zato manjše odgorevanje.

Prav tako se zelo različno segrevajo tudi posamezni deli pri topem elektroporovnem varjenju. Slika 6 nam predstavlja jeklo 20 NiCrMo 2, in sicer zvar členov, varjenih na stroju, ki je bil predhodnik novega KEH sistema.

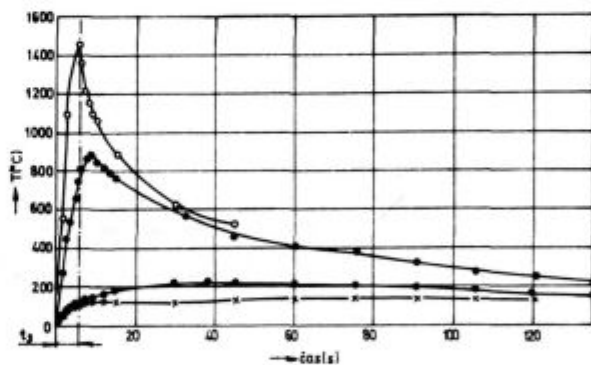
Pri konstantnem pritisku smo spremljali ohlajanje:

- zvarne cone, ki jo predstavlja zgornja krivulja,
- elektrod, ki so posnete na drugi krivulji,
- radiusov, ki jih predstavlja temperaturna krivulja na tretjem mestu,
- prav tako zanimiv pa je tudi hrbtni del na četrti krivulji.

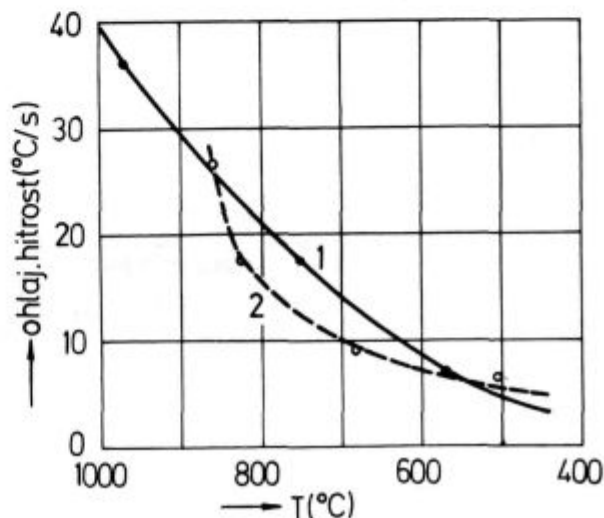
Velika zrna pa niso zaželena, ker iz velikih kristalov avstenita nastanejo po prekristalizaciji velika zrna ferita in perlita. Z nadaljnim naraščanjem temperature postaja zrno vse bolj grobo, da nastane taka struktura, ki je podobna liti. Pri taki strukturi se perlit ne izloča več ob mejah feritnih zrn, temveč tvori s feritom zrna, ki so zelo podobna Widmanstättski strukturi.

Slika 7 nam daje še dodatno primerjavo: ohlajanje zvara (1) in mesta pod elektrodami (2).

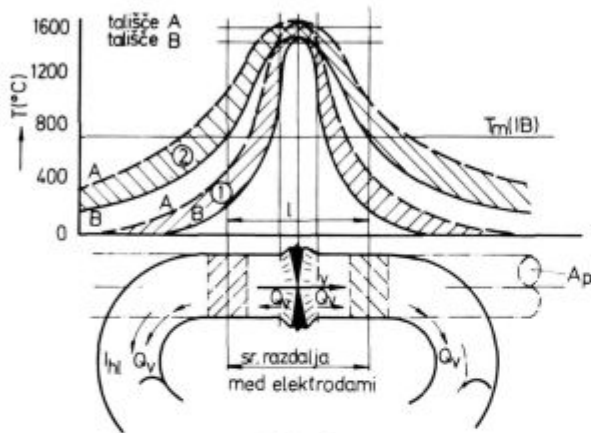
Razporeditev temperatur po členu za novi sistem varjenja nam kaže slika št. 8. Upoštevati moramo, da je člen pred varjenjem v hladnem stanju. Krivulja 1 predstavlja navadno jeklo St 35.2, krivulja 2 pa jeklo 20 NiCrMo 2.



Slika 6



Slika 7



Slika 8

Pri ohlajanju jekla je važno, da preidemo čim hitreje temperaturno območje med Ar_3 in Ar_1 točko. Počasno ohlajevanje ni primerno, ker se iz kristalnih kali razvijejo večja zrna kot pri hitrem. Poleg tega se spremeni tudi oblika izločenega perlita. Počasnejše ko je ohlajevanje skozi območje GOS, bolj grobe bodo lamele perlita.

Za popravo struktur je potrebna posebna toplotna obdelava, normalizacija. Ta postopek je treba izvesti le tedaj, če je izhodna struktura materiala grobozrnata in nehomogena. Če je jeklo samo po sebi fino zrnato in zrna enakomerne velikosti, je vsaka normalizacija brezpredmetna.

Verige pri tem segrejemo na temperaturo 30 do 50° C nad temperaturo premene, da dobimo avstenitno strukturo. Grobozrnate strukture jekla v prehodni coni zvara, v zvaru in tudi na sosednjih delih se spremenijo v enakomerno avstenitno strukturo. Segrevanje in žarjenje na predpisani temperaturi je omejeno le na čas, da ves material doseže to strukturo. Če je žarjenje predolgo, kristali avstenita preveč zrastejo in slabo vplivajo na prekrizalizacijo zvara, ki nastopi pri ohlajanju materiala.

Material pri normalizaciji ohlajamo normalno na zraku in čim bolj enakomerno. Pri tem se pri žarjenju dosežena enakomerna avstenitna struktura prekrizalizira v fino zrnato enakomerno strukturo ferita in perlita, ki ima zaradi tega enakomernejše in boljše mehanske lastnosti.

Z normalizacijo smo dosegli predvsem odpravo neprekristaliziranih struktur v zvaru, boljše fino zrnato strukturo celotnega zvarnega območja, kot je bila v surovem stanju. Prehodi zvara v osnovni material so enakomernejši in homogeni. V samem zvaru pa je opaziti delno razogljichenje in tudi zmanjšanje vrednosti trdote, kar navadno popravimo kasneje že s poboljšanjem materiala.

Po normalizaciji se zboljšajo trdnostne lastnosti in poveča se žilavost materiala, kar je posledica homogene kristalne strukture, ki smo jo dosegli. Normalizacijski postopek se posebno priporoča pri izdelavi visokoodpornih verig, ki jih delamo iz mikrolegiranih jekel.

Rudarske in sidrne verige normaliziramo v vertikalnih pretočnih žarilnih pečeh Schmitz-Appelt. Veriga pri normalizaciji potuje skozi peč z vrha proti dnu s predpisano hitrostjo, odvisno od dimenzije verige. Pri tem se segreje na predpisano temperaturo normalizacije. Ves postopek je kontroliran z registracijo za čas in temperaturo. Ohlajanje verige opravljamo na zraku. Ogrevanje peči je urejeno na plin.

Sicer je možna kurjava tudi z mazutom, z elektriko ali pa je celotna peč kombinirana. Ta kombinacija je izvedena s plinskimi gorilci, ki so v normalni višini, v spod-

njem delu pa je električni dodatek, kjer se segrevanje nadaljuje direktno pod spiralami. S tem načinom podaljšamo toplotno polje nad črto Ac_3 in lahko segrevamo tudi legirana jekla z manjšo toplotno prevodnostjo.

Pri tem segrevanju so važne temperature in časi. Veriga teče v smeri proti zgorelim dimnim plinom in se predgreva. Na ta način pride že primerno vroča v bližino gorilcev. Toplotno polje nad GOS linijo mora biti dovolj dolgo, da pri določeni hitrosti zadošča za pretvorbo po celem preseku. Prav zato za vsako verigo posebej določimo hitrost.

V naslednjih dveh tabelah podajamo učinke naših dveh peči:

Tabela 1 Typ SDGO 500 (povprečni učinek ca. 500 kg/h)

Nazivni premer verige Ø mm	Ogrevni čas minut	Pretočna hitrost m/min.	Učinek z enim pramenom kg/h	Število pramen	Efektivni učinek kg/h
5	3	2,15	65	7	455
8	4,8	1,35	110	4-5	440-550
10	6	1,10	150	3-4	450-600
13	8	0,8	185	3	555
16	9,5	0,68	240	2	480
20	12	0,54	280	2	560
26	16	0,4	360	1-2	360-720
30	18	0,36	430	1	430
33	20	0,325	480	1	480
36	21	0,31	540	1	540
40	24	0,27	580	1	580

Tabela 2 Typ SDGO 1200 (povprečni učinek ca. 1200 kg/h)

Nazivni premer verig Ø mm	Ogrevni čas minut	Pretočna hitrost m/min.	Učinek z enim pramenom kg/h	Število pramen
45	23,0	0,3	800	1
51	26,0	0,27	800	1
60	30,0	0,23	1100	1
80	40,0	0,175	1500	1
100	50,0	0,14	2000	1

Učinki novih peči so nekoliko boljši, ker se dimni plini še dokaj vroči na vrhu peči obrnejo in tečejo še nekaj metrov ob verigi do dimnika. Na drugi strani pa poveča ta izkoristek tudi električni dodatek, ki je v spodnjem delu peči tik nad hladilno kadjo.

Naše peči so starejše, so brez tega dodatka in so zgoraj odprte kot normalen dimnik.

Peči so bile nabavljene še v času, ko smo za verige uporabljali dokaj enostavna jekla. Za sidrne verige so bile poznane kvalitete: St 35-13K, St 41-50 po LR in St 52.

Vse to so jekla, ki nimajo posebnih legiranih dodatkov in s svojo dokaj veliko toplotno prevodnostjo ne ovirajo dokončnega in popolnega pregretja tudi pri sorazmerno veliki hitrosti verige skozi peč.

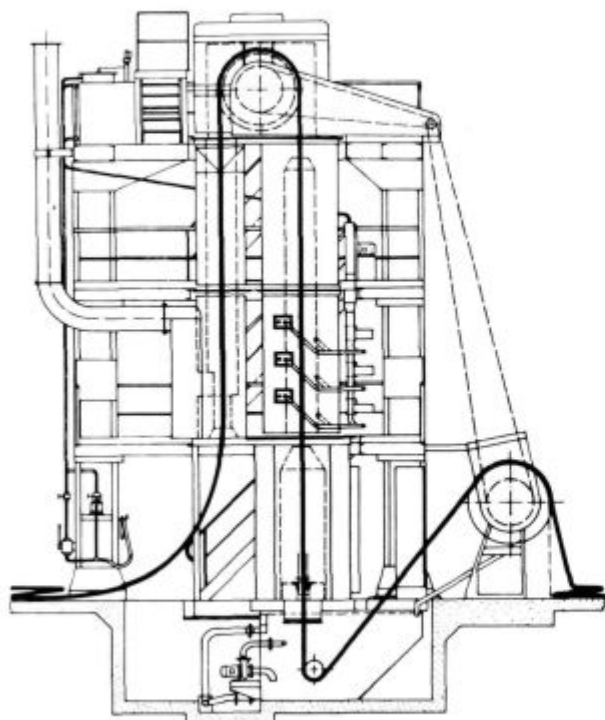
V letih 60-70 pa tudi pri rudarskih verigah še ni bilo tako visokih kvalitetnih razredov, da ne bi dosegali predpisanih trdnosti, kot so bile za DIN 22252 razred B.

Novo peč kaže **slika 9**.

Debelo risana črta predstavlja verigo, ki teče skozi peč.

Naslednja **slika 10** nam daje grafičen posnetek toplotne obdelave — normalizacije za sidrno verigo Ø 68 mm St 52 V — U 3 pri hitrosti $V=0,18$ m/min. pri segrevanju in spodaj pri ohlajanju.

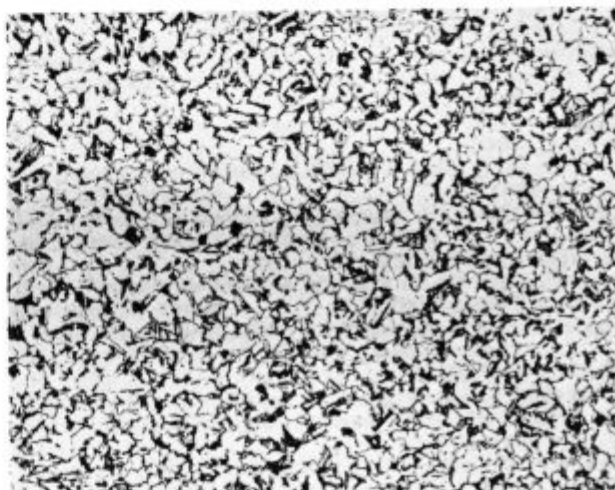
Normalizacijske peči se uporabljajo lahko tudi za kaljenje.



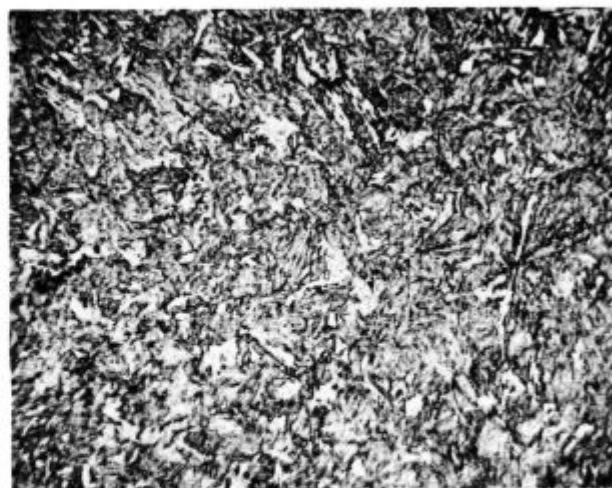
Slika 9



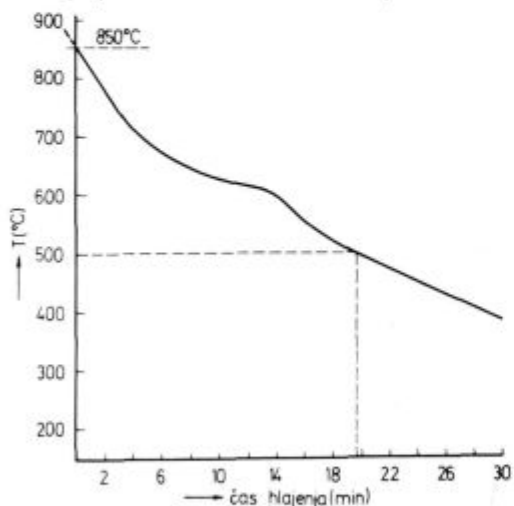
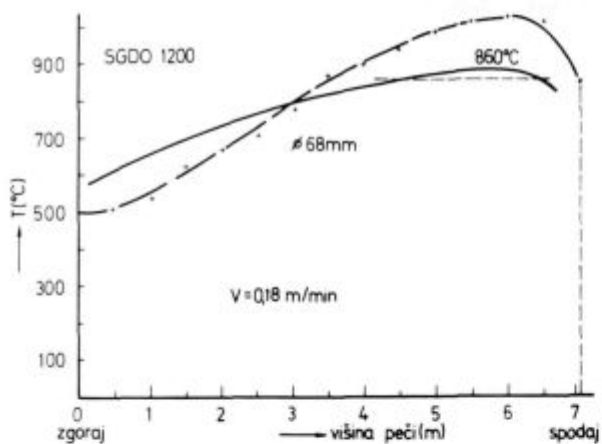
Slika 11



Slika 12



Slika 13



Slika 10

Slabe strani teh peči pri kaljenju verig so naslednje:
 — točnost temperatur je sporna, ker preveč nihajo zaradi grobe regulacije,
 — hitrost skozi peč je za mikrolegirana jekla prevelika,

- ohlajanje je neučinkovito in
- oksidacija pri prehodu skozi peč dokaj močna.

Za boljšo ponazoritev postopka prilagamo nekaj metalografskih posnetkov verig, ki so bile normalizirane ali poboljšane v teh pečeh.

Surov zvar po varjenju — mikroposnetek Č 8330 Ø 46 mm.

Povečava 100 × (slika 11)

Dobro normaliziran zvar na pretočni peči SDGO 1200 Č 8330 Ø 46 mm, temperatura 880° C.

Povečava 100 × (slika 12)

Poboljšan zvar rudarske verige Č 7435, Ø 26 mm, obdelan na pretočni peči SDGO 500. Temperatura kaljenja 880—890° C. Popuščanje 490° C.

Povečava 100 × (slika 13)

ZAKLJUČEK

Po varjenju, ne glede kakšnem: topem, obžigalnem ali topim z povečanim pritiskom, moramo vsako verigo normalizirati tako, da izenačimo strukture preko zvara in toplotno vplivane cone. To gretje preko GOS linije izenači zrna in s pomočjo difuzije zmanjšuje tudi izgubo ogljika v feritni zvarni coni.

Normalizacijsko žarjenje lahko izvedemo na več načinov, vendar je še vedno najcenejši način, ki je opisan v našem poročilu. Pri teh pečeh je seveda možna zamenjava mazuta ali plina kot grelnega sredstva z elektriko. Se pa zaradi varstva okolja in boljših delovnih pogojev tudi na tem področju pojavlja indukcija, ki pa je nekoliko dražja, vendar za kvalitetne verige v bodočnosti potrebna.

Železarski zbornik, 23, 1989, 1—4

1. KRONOLOŠKO KAZALO

- Todorovič Gojko, J. Lamut, L. Šketa, M. Tolar:** Študij redukcije silicija iz železovih rud ŽZB 23 (1989) 1, 1—5
- Vodopivec Franc, M. Torkar, N. Smajlič:** Raziskava vpliva aluminija na strjevalno strukturo in začetno plastičnost kontilitih gredic ŽZB 23 (1989) 1, 7—16
- Koselj Anton:** Elektroobložna peč, njen vpliv na elektroenergetski sistem in kompenzacija jalove moči v Jeklarni 2 v Železarni Jesenice ŽZB 23 (1989) 1, 17—25
- Bratina Janez:** Gospodarjenje z električno energijo v slovenskih železarnah ŽZB 23 (1989) 1, 27—30
- Bratina Janez:** Obratovalni elektroenergetski model obložne peči za proizvodnjo jekla ŽZB 23 (1989) 2, 45—56
- Vehovar Leopold, F. Mlakar, A. Poklukar:** Korozijska odpornost legiranih litin in nerjavnih jekel v raztaljeni žilindri ŽZB 23 (1989) 2, 57—63
- Vodopivec Franc, J. Žvokelj, D. Gnidovec, M. Pristavec, F. Grešovnik:** O spinodalni premeni v zlitini železa s 5 do 24 % Co in 28 % Cr ŽZB 23 (1989) 2, 65—71
- Vodopivec Franc, D. Gnidovec, B. Arzenšek, M. Torkar, B. Breskvar:** Razvoj magnetne anizotropije v zlitini železa z 32 % Cr in 10,5 % Co ŽZB 23 (1989) 2, 73—78
- Koroušič Blaženko, F. Tehovnik, H. Ploštajner, A. Šteblaj:** Kontrola kisika in aluminija s kisikovo sondo v kombinaciji z napravo za streljanje Al žice (I. del) ŽZB 23 (1989) 3, 85—89
- Smajlič Nijaz, B. Arh, J. Arh:** Odfosforenje v elektroobložni peči ŽZB 23 (1989) 3, 91—96
- Vodopivec Franc, M. Kmetič, J. Žvokelj, M. Gabrovšek:** Poskus simulacije kontroliranega valjanja tanke pločevine na reverzirnem kvatro stroju ŽZB 23 (1989) 3, 97—105
- Gnamuš Janko:** Planetarna valjarna in razvoj delovnih valjev ŽZB 23 (1989) 3, 107—110
- Uranc Franc:** Vpliv toplotne obdelave na odpornost izvijačev proti upogibu in zvoju ŽZB 23 (1989) 3, 111—114
- Razinger Anton:** Organizacija gospodarjenja z zalogami metalurških proizvodov v pogojih povečane nestabilnosti okolja ŽZB 23 (1989) 4, 133—139
- Macur Vladimir, A. Lesnik:** Tehnološki načini obratovanja 45 t EAF-VAD ŽZB 23 (1989) 4, 141—143
- Marinšek Filip, F. Vodopivec:** Primerjava klasično in kontinuirano vlitih jekel za neorientirane elektro pločevine ŽZB 23 (1989) 4, 145—153
- Torkar Matjaž, D. Kmetič, F. Vodopivec, J. Žvokelj:** Preoblikovalna trdnost zlitine NIMONIC 80 A v vročem ŽZB 23 (1989) 4, 155—158

2. AVTORSKO KAZALO

- Bratina Janez:** Gospodarjenje z električno energijo v slovenskih železarnah ŽZB 23 (1989) 1, 27—30
- Bratina Janez:** Obratovalni elektroenergetski model obložne peči za proizvodnjo jekla ŽZB 23 (1989) 2, 45—56
- Gnamuš Janko:** Planetarna valjarna in razvoj delovnih valjev ŽZB 23 (1989) 3, 107—110
- Koroušič Blaženko, F. Tehovnik, H. Ploštajner, A. Šteblaj:** Kontrola kisika in aluminija s kisikovo sondo v kombinaciji z napravo za streljanje Al žice (I. del) ŽZB 23 (1989) 3, 85—89
- Koselj Anton:** Elektroobložna peč, njen vpliv na elektroenergetski sistem in kompenzacija jalove moči v Jeklarni 2 Železarne Jesenice ŽZB 23 (1989) 1, 17—25
- Macur Vladimir, A. Lesnik:** Tehnološki način obratovanja 45 t EAF-VAD ŽZB 23 (1989) 4, 141—143
- Marinšek Filip, F. Vodopivec:** Primerjava klasično in kontinuirano vlitih jekel za neorientirane elektro pločevine ŽZB 23 (1989) 4, 145—153
- Razinger Anton:** Organizacija gospodarjenja z zalogami metalurških proizvodov v pogojih povečane nestabilnosti okolja ŽZB 23 (1989) 4, 133—139
- Smajlič Nijaz, B. Arh, J. Arh:** Odfosforenje v elektroobložni peči ŽZB 23 (1989) 3, 91—96
- Todorovič Gojko, J. Lamut, L. Šketa, M. Tolar:** Študij redukcije silicija iz železovih rud ŽZB 23 (1989) 1, 1—5
- Torkar Matjaž, D. Kmetič, F. Vodopivec, J. Žvokelj:** Preoblikovalna trdnost zlitine NIMONIC 80 A v vročem ŽZB 23 (1989) 4, 155—158
- Uranc Franc:** Vpliv toplotne obdelave na odpornost izvijačev proti upogibu in zvoju ŽZB 23 (1989) 3, 111—114
- Vehovar Leopold, F. Mlakar, A. Poklukar:** Korozijska odpornost legiranih litin in nerjavnih jekel v raztaljeni žilindri ŽZB 23 (1989) 2, 57—63
- Vodopivec Franc, M. Torkar, N. Smajlič:** Raziskava vpliva aluminija na strjevalno strukturo in začetno plastičnost kontilitih gredic ŽZB 23 (1989) 1, 7—16
- Vodopivec Franc, J. Žvokelj, D. Gnidovec, M. Pristavec, F. Grešovnik:** O spinodalni premeni v zlitini železa s 5 do 24 % Co in 28 % Cr ŽZB 23 (1989) 2, 65—71
- Vodopivec Franc, D. Gnidovec, B. Arzenšek, M. Torkar, B. Breskvar:** Razvoj magnetne anizotropije v zlitini železa z 32 % Cr in 10,5 % Co ŽZB 23 (1989) 2, 73—78
- Vodopivec Franc, M. Kmetič, J. Žvokelj, M. Gabrovšek:** Poskus simulacije kontroliranega valjanja tanke pločevine na reverzirnem kvatro stroju ŽZB 23 (1989) 3, 97—105

3. KAZALO PO STROKAH — UDK

33 — GOSPODARSTVO

339. Trgovina. Mednarodni gospodarski odnosi

Razinger Anton: Organizacija gospodarjenja z zalogami metalurških proizvodov v pogojih povečane nestabilnosti okolja ŽZB 23 (1989) 4, 133—139

53 — FIZIKA

538 Fizika kondenzirane materije

Vodopivec Franc, D. Gnidovec, B. Arzenšek, M. Torkar, B. Breškovar: Razvoj magnetne anizotropije v zlitini železa z 32 % Cr in 10,5 % Co ŽZB 23 (1989) 2, 73—78

54 — KEMIJA

543.5 Fizikalno kemične analitske metode

Koroušič Blaženko, F. Tehovnik, H. Ploštajner, A. Šteblaj: Kontrola kisika in aluminija s kisikovo sondo v kombinaciji z napravo za streljanje Al žice (I. del) ŽZB 23 (1989) 3, 85—89

62 — INŽENIRSTVO, TEHNIKA

620.17 Preskušanje mehanskih lastnosti

Uranc Franc: Vpliv toplotne obdelave na odpornost izvijačev proti upogibu in zvoju ŽZB 23 (1989) 3, 111—114

621.365 Elektrotplotna tehnika

Koselj Anton: Elektroobločna peč, njen vpliv na elektroenergetski sistem in kompenzacija jalove moči v Jeklarni 2 v Železarni Jesenice ŽZB 23 (1989) 1, 17—25

621.74 Livarstvo

Vodopivec Franc, M. Torkar, N. Smajič: Raziskava vpliva aluminija na strjevalno strukturo in začetno plastičnost kontilitih gredic ŽZB 23 (1989) 1, 7—16

621.771 Valjanje

Torkar Matjaž, D. Kmetič, F. Vodopivec, J. Žvokelj: Preoblikovalna trdnost zlitine NIMONIC 80 A v vročem ŽZB 23 (1989) 4, 155—158

Vodopivec Franc, M. Kmetič, J. Žvokelj, M. Gabrovšek: Poskus simulacije kontroliranega valjanja tanke pločevine na reverzirnem kvatro stroju ŽZB 23 (1989) 3, 97—105

Gnamuš Janko: Planetarna valjarna in razvoj delovnih valjev ŽZB 23 (1989) 3, 107—110

66 — KEMIJSKA TEHNIKA

KEMIČNE IN SORODNE INDUSTRIJE

669.018 Kovine in zlitine po lastnostih

Vodopivec Franc, J. Žvokelj, D. Gnidovec, M. Pristavec, F. Grešovnik: O spinodalni premeni v zlitini železa s 5 do 24 % Co in 28 % Cr ŽZB 23 (1989) 2, 65—71

669.046 Metalurški postopki za segrevanje in taljenje

Smajič Nijaz, B. Arh, J. Arh: Odfosforenje v elektroobločni peči ŽZB 23 (1989) 3, 91—96

669.09 Drugi metalurški postopki

Todorovič Gojko, J. Lamut, L. Šketa, M. Torkar: Študij redukcije silicija iz železovih rud ŽZB 23 (1989) 1, 1—5

669.14 Zlitine železa z ogljikom

Marinšek Filip, F. Vodopivec: Primerjava klasično in kontinuirano vlitih jekel za neorientirane elektro pločevine ŽZB 23 (1989) 4, 145—153

Vehovar Leopold, F. Mlakar, A. Poklukar: Korozijska odpornost legiranih litin in nerjavnih jekel v raztaljeni žilindri ŽZB 23 (1989) 2, 57—63

669.187 Proizvodnja elektro jekla

Macur Vladimir, A. Lesnik: Tehnološki načini obratovanja 45 t EAF-VAD ŽZB 23 (1989) 4, 141—143

Bratina Janez: Gospodarjenje z električno energijo v slovenskih železarnah ŽZB 23 (1989) 1, 27—30

Bratina Janez: Obratovalni elektroenergetski model obločne peči za proizvodnjo jekla ŽZB 23 (1989) 2, 45—56

VSEBINA

UDK: 339.14:338.57:519.8:669.015.8
ASM/SLA: A4q, A5e, U4k, 10—52

Trgovina — zaloge — ekonomika — informacijski sistem — metalurški proizvodi

A. M. Razinger

Organizacija gospodarjenja z zalogami metalurških proizvodov v pogojih povečane nestabilnosti okolja

Železarski zbornik 23(1989)4 s 133—139

Osnovne zakonitosti, ki izhajajo iz časovne vrednosti vezanih sredstev v zalogah, smo proučevali na osnovi modela posamičnega elementarnega trgovskega posla. Iskali smo odvisnosti koeficienta obračanja zalog od zunanjih pogojev, ki jih reprezentirata višina marže ter družbeno priznana cena denarja. Na ta način smo opredelili mejni koeficient obračanja zalog in rezultirajočo donosnost trgovskega posla v odvisnosti od doseženega koeficienta obračanja.

Na osnovi funkcijske odvisnosti notranjih in zunanjih parametrov trgovskega posla, izvršimo po metodi linearnega programiranja optimalizacijo prodajnega asortimenta.

Projekt posameznega kompleksnega trgovskega posla obravnavamo kot zaključen proces v katerem potekajo komercialne, logistične in finančne aktivnosti. V namenski enačbi, ki predstavlja neke vrste matematični model usklajenega delovanja odločilnih parametrov trgovskega posla, upoštevamo poleg družbeno priznane cene kapitala ter marže tudi pogoje plačevanja v prilivu in odlivu denarnih sredstev. V tako kompleksno definiranem posameznem trgovskem poslu je raziskava usmerjena k opredeljevanju najdaljšega možnega časa držanja zalog na skladišču.

Vsebinsko je prikazano oblikovanje problemsko orientiranih informacij, ki so oblikovane s stališča oportunitetnih stroškov držanja zalog in rezultirajoče donosnosti trgovskih poslov. Informacije zelo nazorno prikažejo težavno problematiko organizacije gospodarjenja z zalogami, ki v pogojih visoke cene denarja izhajajo iz rigoroznih nabavnih pogojev in neutemeljeno nizko predpisane marže v trgovskih poslih s proizvodi črne metalurgije.

Avtorski izvleček

UDK: 669.14.018.583-418:620.192.45:621.746.074/22
ASM/SLA: D9p, D9q, SGAn, 4—53, P15g, 9—69

Metalurgija — jekla za neorientirane elektro pločevine — mikro struktura — elektro magnetne lastnosti

F. Marinšek, F. Vodopivec

Primerjava klasično in konti vlitih jekel za neorientirane elektro pločevine

Železarski zbornik 23(1989)4 s 145—153

Preiskani so bili trakovi zvaljani iz klasično in konti vlitih jekel za dinamo pločevine.

Pri enakih vsebnostih S v jeklu je velikost sulfidnih vključkov, vidnih v optičnem mikroskopu, v trakovih iz konti jekla manjša kot posledica prisotnosti sulfidnih vključkov manjših od 1 μm . Razlika v velikosti in porazdelitvi oksidnih vključkov je lahko posledica manjšega združevanja in hitrejšega strjenja jekla. Bolj enakomerna mikro struktura v trakovih iz konti jekla kaže, da se bolj enakomerna sestava in čistoča odraža v večji sposobnosti za rekristalizacijo med valjanjem. Rahlo povečanje vatnih izgub v trakovih iz konti jekla je posledica prisotnosti večjega števila vključkov velikosti okrog 0.1 μm .

Avtorski izvleček

UDK: 669.187.012
ASM/SLA: D5g, D8, A5f, A4s

Metalurgija — električna obločna peč — VAD postopek

V. Macur, A. Lesnik

Tehnološki učinki obratovanja 45 t EAF-VAD

Železarski zbornik 23(1989)4 s 141—143

Osnovni namen uvedbe VAD postopka je bil izboljšanje kvalitete jekla, vendar pa smo tudi občutno izboljšali tehnološke učinke primarnih elektroobločnih peči. Opisani so dosežki dveh izrazitih obdobjih sprememb: ob uvedbi VAD postopka in ob ukinitvi obratovanja ene od dveh peči vsled ugodnih učinkov obratovanja samo ene peči z VAD postopkom.

Avtorski izvleček

UDK: 621.771.016.2:669.245
ASM/SLA: F2, W13q, Nib, 1—64, SGah, 1—54

Metalurgija — nikljeve zlitine — vroča predelava — preoblikovalna trdnost

M. Torkar, D. Kmetič, F. Vodopivec, J. Žvokelj

Preoblikovalna trdnost zlitine Nimonic 80 A v vročem

Železarski zbornik 23(1989)4 s 155—158

Nikljeve superzlitine nudijo precejšen deformacijski odpor, zato je potrebno poznati njihove termomehanske lastnosti, če hočemo glede na opremljenost naših železarn oceniti realne možnosti za predelavo v vročem in hladnem.

Instrumentacija eksperimentalnega valjarniškega ogrodja je omogočila registracijo preoblikovalnih sil pri vročem valjanju zlitine Nimonic 80 A in izračun preoblikovalne trdnosti v vročem.

Ugotovljeno je, da je sila pri vročem valjanju za faktor 1,6 večja od sile pri vročem valjanju jekla Prokron 11. (Č.4571).

Avtorski izvleček

INHALT

UDK: 669.14.018.583-418-620.192.45:621.746.074/22
ASM/SLA: D9p, D9q, SGAn, 4-53, P15g, 9-69

Metallurgie — Stähle für nichtorientierte Elektrobleche — Mikrogefüge — elektromagnetische Eigenschaften

F. Marinšek, F. Vodopivec

Ein Vergleich der in Brammenkokilen vergossener und Stranggegossener Stähle für nichtorientierte Elektrobleche

Železarski zbornik 23(1989)4 S 145—153

Untersuchungen sind durchgeführt worden an Bändern ausgewalzt aus klassisch vergossenen und Strangvergossenen Stählen für Elektrobleche.

Beim gleichen Schwefelgehalt im Stahl ist die Grösse der Sulfideinschlüsse sichtbar im optischen Mikroskop in Bändern aus Stranggegossenem Stahl kleiner als Folge der Anwesenheit von Sulfideinschlüssen die kleiner sind als $1\ \mu\text{m}$. Der Unterschied in der Grösse und Verteilung der Oxideinschlüsse kann die Folge kleinerer Zusammenballung und schnellerer Erstarung von Stahl sein. Ein gleichmässigeres Mikrogefüge in Bändern aus Stranggegossenem Stahl zeigt, dass sich eine gleichmässige Zusammensetzung und Reinheit in grösserer Fähigkeit zur Rekristallisation während des Walzens äussert.

Eine geringe Vergrösserung der Wattverluste in Bändern aus Stranggegossenem Stahl ist die Folge der Anwesenheit grösserer Zahl von Einschlüssen der Grösse um $0,1\ \mu\text{m}$.

Auszug des Autors

UDK: 339.14:338.57:519.8:669.015.8

ASM/SLA: A4q, A5e, U4k, 10-52

Handel — Warenvorräte — Wirtschaft — Informationssystem — Metallurgieprodukte

A. M. Razingar

Bewirtschaftung von Vorräten metallurgischer Produkte unter den Bedingungen grösserer Unstabilität der Umwelt

Železarski zbornik 23(1989)4 S 133—139

Die Grundgesetzmässigkeiten die aus dem Zeitwert der in Warenvorräten gebundenen Mittel herrühren, sind auf Grund eines Modelles eines einzelnen elementaren Handelsgeschäftes durchstudiert worden. Die Abhängigkeit des Koeffizienten der Warenvorratswendung von den äusserlichen Bedingungen die durch die Höhe der Marge und des gesellschaftlich anerkannten Geldwertes repräsentiert werden, sind erforscht worden. Auf diese Weise ist der Grenzkoeffizient der Warenvorratswendung und die resultierende Rentabilität eines Handelsgeschäftes in Abhängigkeit von dem erzielten Umwendungskoeffizienten bestimmt worden.

Auf Grund der Funktionsabhängigkeit der Inneren und äusseren Parametern eines Handelsgeschäftes wird nach der Methode der linearen Programmierung die Optimierung des Verkaufsassortimentes durchgeführt.

Das Projekt eines einzelnen komplexen Handelsgeschäftes wird als ein abgeschlossener Prozess in dem die kommerziellen, logistischen und finanziellen Aktivitäten verlaufen behandelt. In der Vorsatzgleichung die eine Art des mathematischen Modelles der koordinierten Wirkung der ausschlaggebenden Parametern eines Handelsgeschäftes darstellt, werden neben des gesellschaftlich anerkannten Kapitalpreises und der Marge auch die Zahlungsbedingungen im Zulauf und Ablauf der Geldmittel berücksichtigt. Im so komplex definierten einzelnen Handelsgeschäft sind die Forschungen zu der Bestimmung der längsten möglichen Haltezeit der Warenvorräte am Lager gerichtet.

Inhaltlich wird die Gestaltung der nach den Problemen orientierten Informationen gezeigt, die aus dem Standpunkt des opportunen Kostenaufwandes der Warenvorratshaltezeit und der resultierenden Rentabilität eines Handelsgeschäftes geformt sind. Die Informationen zeigen sehr anschaulich die schwierige Problematik der Bewirtschaftung von Vorräten die unter den Bedingungen des hohen Geldpreises aus den rigorösen Anschaffungsbedingungen und der unbegründet niedrig vorgeschriebener Marge in Handelsgeschäften mit den Produkten der Schwarzmetallurgie herrühren.

Auszug des Autors

UDK: 621.771.016.2:669.245

ASM/SLA: F2, W13q, Nib, 1-64, SGah, 1-54

Metallurgie — Nickellegierungen — Warmverarbeitung — Verformungsfestigkeit

M. Torkar, D. Kmetič, F. Vodopivec, J. Žvokelj

Verformungsfestigkeit der Legierung Nimonic 80 A im warmen Zustand

Železarski zbornik 23(1989)4 S 155—158

Die Nickel Superlegierungen bieten einen ziemlichen Verformungswiderstand an, so ist es nötig deren thermomechanische Eigenschaften zu kennen wenn in Hinsicht auf die Ausrüstung unserer Hüttenwerke die realen Möglichkeiten für die Verarbeitung im warmen und kalten Zustand geschätzt werden sollen.

Die Instrumentierung eines Versuchswalzgerüsts hat es ermöglicht die Registrierung der Verformungskräfte beim Warmwalzen der Legierung Nimonic 80 A und die Berechnung der Verformungsfestigkeit im warmen Zustand.

Es ist festgestellt worden, dass die Kraft beim Warmwalzen für den Faktor 1,6 grösser ist als die Kraft beim Warmwalzen des Austenitischen nichtrostenden Stahles Prokron 11 (X 5 CrNi 1810).

Auszug des Autors

UDK 669.187.012

ASM/SLA: D5g, D8, A5f, A4s

Metallurgie — Lichtbogenofen — VAD Verfahren

V. Macur, A. Lesnik

Technologische Leistungen des Betriebes einer 45t LBO-VAD Anlage

Železarski zbornik 23(1989)4 S 141—143

Der Grundzweck der Einführung des VAD Verfahrens war die Verbesserung der Stahlqualität jedoch haben sich wesentlich auch die Betriebsleistungen des primären Lichtbogenofens verbessert. Beschrieben werden die Ergebnisse zweier ausgeprägter Zeitabschnitte der Leistungsänderungen: erstens bei der Einführung des VAD Verfahrens und zweitens nach der Abstellung eines der beiden Öfen wegen der guten Leistungen des Betriebes mit nur einem Ofen und der VAD Anlage.

Auszug des Autors

CONTENTS

UDK: 339.14:338.57:519.8:669.015.8
ASM/SLA: A4q, A5e, U4k, 10—52

Commerce — Stocks — Economics — Information system — Metallurgical products

A. M. Razinger

Stock Management with Metallurgical Products in Conditions of Increased Economical Instability

Železarski zbornik 23(1989)4 p 133—139

Basic rules of time value of funds being in stocks were analyzed by the model of single elementary commercial business. Relationships between the coefficient of stock turnover and the external conditions, represented by the amount of margin and the general value of money, were sought. Thus the limiting coefficient of stock turnover was determined and further also the profitableness of commercial business depending on the achieved coefficient of turnover.

Basing on functional relationships between internal and external factors of commercial business, the optimization of sale assortment can be calculated by the method of linear programming.

Project of single complex commercial business can be treated as the process which consists of commercial, logistic, and financial activities. In the applied equation which represents some mathematical model of harmonized influence of essential parameters of commercial business, taking in account the general value of capital and margin, and also the conditions for income and outcome paying. In such a complex single commercial business the investigation is directed into finding the longest possible time for keeping stocks in depot.

Evaluation of relations between the costs of keeping stocks and the resulting profitableness of commercial business is shown. The obtained information clearly shows the difficult problematics in stock management which is caused in circumstances of great money value by strictly limited purchase conditions and unfounded low allowed margins in the commercial business with products of ferrous metallurgy.

Author's Abstract

UDK: 669.14.018.583-418:620.192.45:621.746.074/22
ASM/SLA: D9p, D9q, SGAn, 4—53, P15g, 9—69

Metallurgy — Steel for Not-oriented Electrical Sheet — Micro Structure — Electromagnetic Properties

F. Marinšek, F. Vodopivec

Comparison of Standard and Continuously Cast Steel for Not-Oriented Electrical Sheet

Železarski zbornik 23(1989)4 p 145—153

Strips being rolled of standard and continuously cast dynamo steel were tested.

At equal sulphur contents in steel the size of sulphide inclusions visible in optical microscope is smaller in the strips made of continuously cast steel, since sulphide inclusions smaller than 1 µm are present. Difference in the size and distribution of oxide inclusions can be caused by some coalescence and faster solidification of steel. More uniform microstructure of strips made of continuously cast steel shows that more uniform composition and purity exhibit greater ability for recrystallization during rolling. Slight increase in core loss applying strips made of continuously cast steel can be ascribed to the presence of greater amounts of inclusions of the size around 0.1 µm.

Author's Abstract

UDK: 669.187.012
ASM/SLA: D5g, D8, A5f, A4s

Metallurgy — Electric Arc Furnace — VAD Process

V. Macur, A. Lesnik

Technological Effects of Operation of 45 T EAF-VAD Set

Železarski zbornik 23(1989)4 p 141—143

The basic intention of the introduction of VAD process was the improvement of steel quality, but simultaneously also the operational effects of the primary EAF were substantially improved. Achievements in two pronounced periods of changes are described: at the introduction of the VAD process, and in stopping the operation of one furnace due to favourable operational effects of single furnace with the VAD equipment.

Author's Abstract

UDK: 621.771.016.2:669.245
ASM/SLA: F2, W13q, Nib, 1—64, SGah, 1—54

Metallurgy — Nickel Alloys — Hot Working — Yield Stress

M. Torkar, D. Kmetič, F. Vodopivec, J. Žvokelj

Yield Stress for Hot Working of Nimonic 80 A Alloy

Železarski zbornik 23(1989)4 p 155—158

Nickel superalloys exhibit reasonable deformation resistance therefore it is necessary to know their thermomechanical properties if real possibilities for their hot and cold working exist due to the present equipment of our steelworks.

Instrumentation of experimental rolling stand enabled the recording of working forces in hot rolling of Nimonic 80 A alloy, and the evaluation of hot yield stress.

It was found that force in hot rolling is 1.6 times higher than that for hot rolling Prokron 11(Č.4571) steel.

Author's Abstract

СОДЕРЖАНИЕ

UDK: 669.14.018.583-148:620.192.45:621.746.074/22
ASM/SLA: D9p, D9q, SGAn, 4—53, P15g, 9—69

Металлургия — неориентировочные электостали — микроструктура — электромагнитные свойства.

F. Marinšek, F. Vodopivec

Сравнения классической и непрерывно отлитой неориентировочной электростали.

Železarski zbornik 23(1989)4 С 145—153

Исследованы ленты, прокатанные из классической и непрерывно отлитой динамной стали. При одинаковом содержании серы в стали величина сульфидных включений при осмотре в оптическом микроскопе в стали непрерывного литья более мелкая. Это последствие присутствия сульфидных включений меньших от 1 мкм. Разница в величине и распределении сульфидных включений возможна как последствие меньшего слияния и быстроты застывания. Более равномерная микроструктура в лентах непрерывно отлитой стали показывает, что сталь более равномерного состава и чистоты, отражается в лучшей способности к рекристаллизации во время прокатывания. Рахлое увеличение ваттовых потерь в лентах стали непрерывного литья состоит в присутствии более крупного количества включений при бл. 1 мкм

Авторыф.

UDK: 339.14:338.57-519.8:669.015.8
ASM/SLA: A4q, A5e, U4k, 10—52

Торговля — запасы — информационные системы — металлургические продукты.

A. M. Razinger

Хозяйничанье с запасами металлургическими продуктами при условиях непостоянности среды.

Železarski zbornik 23(1989)4 С 133—139

Основные закономерности, которые происходят из временных значений переплётённых средствах в запасах мы изучали на основании модели отдельного элементарного торгового занятия. Мы искали зависимость коэффициента оборота запасов от внешних условий, которые представляют высоту марже а также и общественная признанная цена динара. Таким образом мы определили предел коэффициента оборота запасов и последующую прибыль торгового занятия в зависимости от полученного коэффициента оборота.

На основании функциональной зависимости внешних и внутренних параметров торговой работы мы выполняем по методу линейного программирования наиболее благоприятные торговые ассортименты.

Проект каждый отдельной комплексной торговой работы осуждаем как законченным процессом в котором протекают коммерческие, логистические и финансовые активности. В назначенном уравнению, которое представляет собой до некоторой степени математический модель согласованного действия решающих параметров торгового действия. Мы берем во внимание наравне общественная признанные цены капитала а также маржу. Кроме этого условия уплаты при приливу и отливу денарных средств. В таком комплексном определенном торговском занятии исследование направлено к определению чем дольше иметь запасы на складе.

По содержанию приведена оформление проблематично ориентировочных информации, которые оформлены с точки зрения оппортунистических затрат, хранение запасов и исходящие из этого торговые дела. Информации очень наглядно показывают затруднительную проблематику организации хозяйства с запасами, которые при условиях высокой цены динара происходят из чрезмерных условиях приобретения и необосновности низко предписанной маржи в торговых оборотах с продуктами чёрной металлургии.

Авторыф.

UDK: 621.771.016.2:669.245
ASM/SLA: F2, W13q, Nib, 1—64, SGah, 1—54

Металлургия — никелевые сплавы — горячая переработка — преобразовательная твердость.

M. Torkar, D. Kmetič, F. Vodopivec, J. Žvokelj

Преобразовательная твердость никелевого сплава Нимоник 80 А в горячем состоянии.

Železarski zbornik 23(1989)4 С 155—158

Никелевые супер сплавы оказывают значительные деформационные сопротивления вследствие чего необходимо быть хорошо ознакомлен с их термомеханическими свойствами, имея в виду оборудование наших металлургических заводов при оценки реальной возможности их переработки в горячем и холодном состоянии.

Инструментация экспериментального прокатного корпуса дала возможность регистрировать преобразовательные силы при горячей прокатки сплава Нимоник 80 А и вычисление преобразовательной твердости в горячем состоянии.

Определено, что усилие при горячей прокатки на 1,6 раза выше од усилия горячей прокатки стали Прокром 11 (S. 4531).

Авторыф.

UDK: 669.187.012
ASM/SLA: D5g, D8, A5f, A4s

Металлургия — электрическая дуговая печь — ВАД способ.

V. Macur, A. Lesnik

Технологические действия работы 45 т БАФ — ВАД способами.

Železarski zbornik 23(1989)4 С 141—143

Основная цель введения ВАД способа состоялась в улучшении качества стали, хотя мы параллельно с этим заметно улучшили технологические действия первичных основ электрических дуговых печей. Описано достижение двух выразительных периодов изменения: в введении ВАД способа и прекращения работы одной од двух печей вследствие благоприятных результатов только одной печи с ВАД способом.

Авторыф.

TEHNIČNA NAVODILA AVTORJEM

Rokopis

Rokopis dostavite v originalu odgovornemu uredniku ali enemu od članov uredništva. Pisan mora biti z dvojnimi presledkom. Na levi strani je rob širine 4 cm. Na tem robu označite mesta, kjer naj bodo slike ali tabele.

Članki naj bodo kratki in jedrnat in ne prenatrpani z nepotrebnimi podatki. Izogibajte se tabel z veliko številkami, ki bralca ne zanimajo, posebno če so isti podatki prikazani kot odvisnosti v diagramih. Razlage naj bodo jasne, kratke in v neposredni zvezi z doseženimi rezultati, brez širših hipotetičnih dodatkov.

V primeru, da prvič objavljate v Železarskem zborniku, dostavite uredništvu naslednje podatke: ime in priimek z akademskim nazivom spredaj in poklicnim nazivom zadaj, katero delo opravljate, delovna organizacija, žiro račun in naslov stanovanja.

Uredništvo si pridržuje pravico jezikovne korekcije, strokovne recenzije in presoje o ustreznosti objave. Prosimo, da glede rokopisa upoštevate še naslednja navodila:

1) **Izvleček pod naslovom** naj obsega 4 do 10 tipkanih vrst. Vsebinska naj pove, kateri problem obravnava članek.

2) **Povzetek za prevode** v angleški, nemški in ruski jezik pošljite v 4 izvodih. Obsega naj pol do največ dve tipkani strani. Glede vsebine naj pove tujemu bralcu, kakšen je bil problem in kateri so glavni rezultati vašega dela. Specifične strokovne izraze, ki jih prevajalci morda ne poznajo, navedite spodaj v angleškem, nemškem in ruskem jeziku. Vsebuje naj tudi naslov članka.

3) **Avtorski izvleček za kartice** (4 izvodi) naj obsega: glavno geslo in eno ali več stranskih gesel (npr. Metalurgija — Orodna jekla — Preizkušanje materiala), avtorja in soavtorje, naslov članka in kratko vsebino članka (največ 15 tipkanih vrst) s poudarkom na rezultatih raziskave.

4) **Podpisi k slikam** v 2 izvodih na posebnih listih. Podpis naj bo formuliran tako, da bo v angleškem prevodu tudi tuj bralec razumel vsebino slike.

5) **Literaturo**, ki jo citirate v tekstu, označite z zaporednimi številkami, zgoraj za besedo, kjer označbo želite, npr. ... Smith³ ... Na koncu članka navedite nato vse bibliografske podatke:

— Za knjige: začetnice imen in priimki avtorjev, naslov knjige, številka izdaje, založba, leto izdaje.

— Za članke: začetnice imen in priimki avtorjev, naslov članka, neskrajšani naslov revije, letnik, številka, leto, strani (prva in zadnja).

6) **Poglavja in razne vrste tiska**: Članek naj bo, kolikor je mogoče, razdeljen po naslednji shemi: uvod (nakazati problem, izhodišče in cilj raziskave in pregled literature), načini raziskovanja in materiali, rezultati raziskav, razlaga rezultatov in sklepi.

Glavna poglavja in podpoglavja pišite po primeru:

REZULTATI RAZISKAV

1. **Preizkušanje jekla Ž 0147** (mastni tisk, tekst se prične v naslednji vrsti)

a) **Količina vključkov** (mastni tisk, tekst se nadaljuje v isti vrsti).

Zvezano podčrtane besede pomenijo mastni tisk, lahko pa uporabite še kurzivni tisk (prekinjeno podčrtane besede) in razprti tisk (tipkajte razprto).

7) **Tabele** pišite med tekstom ali jih priložite na koncu teksta. V drugem primeru napišite na levi rob, kjer je treba tabelo vstaviti.

8) **Enote**: Uporabljajte izključno enote po SI (System International d'Unités).

9) **Enačbe in simbole** napišite jasno in čitljivo, najbolje s prosto roko. V enačbah ne uporabljajte znakov za množenje (x ali .). Izogibajte se zamotanih indeksov. Če ne morete jasno napisati grških črk, napišite pojasnilo na levi rob, npr. mala grška črka gama. Simbole v enačbah sproti tolmačite. Uporabljajte simbole, ki so v JUS standardih, če teh ni pa najbolj uveljavljene.

Fotografije

Metalografski in drugi posnetki morajo biti izdelani na belem papirju z visokim leskom in naj bodo jasni in kontrastni. Preslikane fotografije ali iz tiska preslikane fotografije niso dovoljene, razen v izjemnih primerih. Računajte, da bo širina fotografije v tisku največ 80 mm. Več fotografij, ki spadajo skupaj, nalepite na papir in jih označite kot eno sliko. V tem primeru je lahko širina slike tudi 165 mm. Izjemno imajo fotografije lahko tudi ne-standardno širino. V tem primeru priložite fotografiji pojasnilo, kakšno velikost želite v tisku. Mikroskopska in makroskopska povečanja in pomanjšanja označite v podpisu k sliki (povečanje 100-krat), (pomanjšanja 1,5-krat), še bolje pa z vrisanjem ustrezne skale s črnim ali belim tušem na fotografiji.

Diagrami in risane slike

Diagrami in risane slike morajo biti narisane s tušem na paus papirju. Ne pošiljajte prefotografiranih ali kopiranih risb. Diagrami morajo imeti popoln okvir in mrežo (raster) v notranjosti okvira. Zaporedno številko slike napišite s svinčnikom na vgalu formata.

Prosimo avtorje, da dosledno upoštevajo še naslednja navodila:

1. **Širina**: Diagrami morajo biti narisani na formatu A4. Širina diagrama naj bo 150 mm, plus ali minus 10 mm. Širina ni le okvir diagrama, temveč tudi številke in napis na ordinatni osi. V tisku so ti diagrami pomanjšani približno 2-krat, na širino enega stolpca. Odstopanja od teh širin narisanih in tiskanih diagramov bodo upoštevana le v primerih, ko morajo biti zaradi gostote podatkov, krivulj ali preglednosti tiskani v širini obeh stolpcev, to je okoli 160 mm. V teh primerih naj bo širina narisane diagrama 300 mm, plus ali minus 20 mm.

Pri drugih risanih slikah (izdelki, preseki, naprave, sheme, načrti in podobno) je lahko skupna narisana širina manjša od 150 mm. Pri tem upoštevajte estetski videz pomanjšane tiskane slike med tekstom in tudi, da bo slika v vsakem primeru v tisku pomanjšana 2-krat; uporabljajte torej enake velikosti črk in debeline črt kot pri diagramih.

2. **Črte**: V vseh diagramih in drugih risanih slikah uporabite izključno naslednje debeline črt:

— Okviri diagramov (koordinatne osi)	0,4 mm
— Mreža v diagramih	0,2 mm
— Krivulje v diagramih	0,6 mm
— Osnovne črte v risbah	0,2 mm
— Prerezi (obrisi) v risbah	0,4 mm
— Šrafure	0,2 mm

V tisku bodo te črte polovico tanjše.

3. **Črke in številke**: Uporabljajte pokončne črke in številke velikosti 4 mm, risane s šablono in peresom, ki ustreza tej velikosti. Izjema so le indeksi, ki naj bodo veliki 3 mm. V tisku bo velikost črk in številok okoli 2 mm, indeksov pa 1,5 mm.

4. **Opis koordinat**: Na abscisi in ordinati mora biti neskrajšan opis s simbolom in enoto, npr.: Natezna trdnost σ_M v N/mm²; Stopnja deformacije ϵ v %; Količina mase Mn v %; ne pa le σ_M N/mm²; ϵ %; % Mn.

5. **Oznake točk in krivulj**: Legende za različne vrste točk in krivulj morajo biti v sliki. Legende za simbole in druge črkovne oznake so lahko tudi v podpisih k slikam.

Izvleček

Za hitro orientacijo po dokončanju članka navajamo na kratko, kaj je potrebno poslati uredništvu Železarskega zbornika:

1. Rokopis v enem izvodu (drugega hranite za pregled krtačnega odtisa) z izvlečkom pod naslovom, oznakami za slike na levem robu in podatki o avtorjih.

2. Povzetek za prevode v 4 izvodih.

3. Avtorski izvleček za kartice v 4 izvodih.

4. Podpisi k slikam v 2 izvodih.

5. Oštevilčene fotografije, diagrami in druge slike.