

Meritve viskoznosti metalurških žlinder z vibracijskim viskozimetrom

II. Viskoznost sintetičnih rafinacijskih žlinder

UDK: 539.57

ASM/SLA: D10-f, X29-s

A. Rosina

S pomočjo novega elektronskega vibracijskega viskozimetra¹ smo izmerili viskoznost sintetičnih rafinacijskih žlinder za jeklarske elektro-obločne peči. Te žindre so razvili na Metalurškem inštitutu v Ljubljani z namenom, da bi pospešili in izboljšali potek jeklarskih procesov. Preiskane žindre so bile iz redne proizvodnje, sestavili pa smo jih tudi iz čistih komponent, da bi ugotovili vpliv nečistoč. Oboje žindre so vsebovale med 18 in 25 % CaF_2 .

Viskoznosti, ki smo jih izračunali iz števila vibracij molibdenskega čutila in gostote žindre med 1730 in 1915 K, so med $4 \cdot 10^{-1}$ in 10^{-2} Pas. Ugotovljene razlike viskoznosti posameznih vrst žlinder so zelo majhne, tudi viskoznost žlinder iz čistih komponent se zelo malo razlikuje od viskoznosti industrijsko izdelanih žlinder.

1. UVOD

V že objavljenem poročilu o raziskavah viskoznosti rafinacijskih žlinder za EPZ¹ navajamo podatke, ki smo jih izmerili s pomočjo novo razvitega vibracijskega viskozimetra. Enake meritve smo opravili tudi pri sintetičnih rafinacijskih žlindrah za elektroobločne peči, o dobljenih rezultatih pa poročamo v tem prispevku.

Na Metalurškem inštitutu so razvili nove vrste sintetičnih rafinacijskih žlinder, da bi z njimi pospešili potek jeklarskih procesov, zvečali stopnjo razžveplanja ter tako izdelali več in boljše elektro jeklo v obstoječih pečeh. Za določanje optimalne uporabnosti takih žlinder moramo poznati njihove značilne lastnosti, med katerimi je pomembna tudi viskoznost. Izmeriti viskoznost sintetičnih rafinacijskih žlinder je bil tako namen in cilj raziskave, o kateri poročamo v tem članku.

Merilno metodo, ki smo jo uporabili pri tej raziskavi, smo opisali že v prvem delu tega poročila.¹ Z daljšo uporabo merilnih metod smo pridobili nove raziskovalne izkušnje, kar nam je omogočilo natančnejše merjenje in s tem določitev zanesljivejših podatkov o raziskanih žlindrah.

2. PODATKI O RAZISKANIH SINTETIČNIH RAFINACIJSKIH ŽLINDRAH

Raziskali smo dve vrsti sintetičnih rafinacijskih žlinder, in to žlinder iz redne proizvodnje Tovarne dušika Ruše (oznake AI, AII, AIII) ter žindre približno enake sestave, ki smo jih izdelali iz čistih komponent (BI, BII, BIII) in ki niso bile onečiščene z raznimi primesmi, kot so to bile industrijsko izdelane žindre. Za primerjavo smo izmerili tudi viskoznost rafinacijske žindre, ki smo jo vzeli iz redne proizvodnje v jeklarni Železarne Jesenice (pri izdelavi kakovosti VC Mo 140, oznaka RŽ). V tabeli 1 navajamo kemično sestavo preiskanih žlinder.

Tabela 1: Kemična sestava preiskanih sintetičnih rafinacijskih žlinder

Oznaka žindre	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	CaF ₂
A—I	66,96	1,69	2,53	10,42	—	—	18,38
A—II	51,14	1,39	3,07	15,70	7,30	0,53	20,57
A—III	63,57	1,92	2,58	6,22	—	—	25,67
B—I	60,44	1,91	2,78	8,86	—	—	19,91
B—II	58,61	1,57	3,36	14,08	—	—	22,37
B—III	62,27	1,79	3,43	6,52	—	—	25,78
RŽ	40,04	11,97	11,12	10,24	10,58	4,23	2,63

Iz tabele 1 vidimo, da je pri vseh sintetičnih žlindrah sestava žlinder vrste A ter vrste B nekoliko različna, kar je seveda posledica nečistoč, ki pridejo v industrijsko izdelane žindre pri njihovi izdelavi. Značilen za preiskane žindre je visok delež CaO, nizek delež SiO₂, količina Al₂O₃, ki niha med pribl. 5 in 15 % ter sorazmerno visok delež CaF₂. Le-ta je naraščal od pribl. 18 % pri žlindrah A I in B I, preko 20 % pri žlindrah A II, oz. B II, do pribl. 25 % pri žlindrah A III in B III. Primerjalna žindra RŽ je vsebovala bistveno manj CaF₂, saj ga je bilo le 2,63 %.

3. MERITVE VISKOZNOSTI

Znano je, da je merjenje viskoznosti staljenih metalurških žlinder dokaj težko ter moramo zaradi visokih temperatur, pri katerih viskoznost

merimo, pravilno izbrati talilno napravo, lonce, v katerih talimo žlindro, rešiti problem merjenja temperature itd. Posebno težavno je bilo meriti viskoznost preiskanih sintetičnih rafinacijskih žlinder zaradi njihovega napihovanja in kipenja ter močnega najedanja talilnih loncev. Korundni in cirkonski lonci so bili zaradi tega le kratek čas uporabni pri grafitnih loncih pa je bilo napihovanje žlindre močnejše. Zato smo morali pogosto meritve ponavljati, grelne cevi so hitro pregorevale, žlindra je najedala keramične zaščitne cevi termoelementov ipd.

3.1. Merilna metoda in umerjanje elektronskega vibracijskega viskozimetra

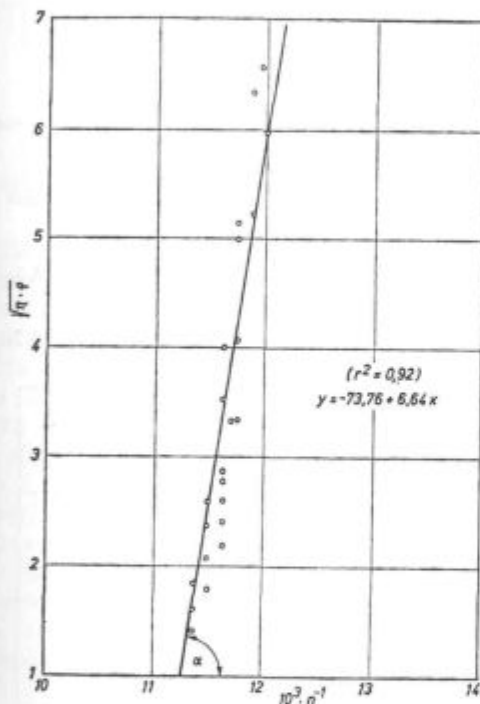
Po prvih objavah v literaturnih virih^{2,3} o možnosti uporabe elektromagnetnega vibracijskega viskozimetra za merjenje viskoznosti metalurških žlinder je bilo objavljenih več poročil^{4,5}, ki so navajala rezultate prvih meritev s pomočjo nove metode. Novejši podatki^{6,7} opisujejo nadaljnja izboljšanja aparature in s tem večjo natančnost izmerjenih vrednosti, oz. odpirajo nadaljnje možnosti uporabe vibracijske merilne metode^{8,9}.

Tabela 2: Umerjanje elektronskega vibracijskega viskozimetra

90 % glicerol					
temp. (K)	293	303	313	323	333
štev. vibracij n	75,5	79	82,5	83,5	84
$10^3 \cdot n^{-1}$	13,845	12,658	12,121	11,976	11,905
η (Pas)	0,219	0,109	0,060	0,0355	0,0225
ρ (kgm ⁻³)	1235	1230	1225	1219	1213
$\sqrt{\eta \cdot \rho}$	16,446	11,579	8,573	6,578	5,224
80 % glicerol					
temp. (K)	293	303	313	323	333
štev. vibracij n	83	84	85	86	87
$10^3 \cdot n^{-1}$	12,048	11,905	11,765	11,628	11,694
η (Pas)	0,0601	0,0339	0,0208	0,0136	0,00942
ρ (kgm ⁻³)	1208	1202	1197	1191	1184
$\sqrt{\eta \cdot \rho}$	8,521	6,383	4,990	4,025	3,340
70 % glicerol					
temp. (K)	293	303	313	323	333
štev. vibracij n	85	85	85	86	87
$10^3 \cdot n^{-1}$	11,765	11,765	11,765	11,628	11,494
η (Pas)	0,0225	0,0141	0,0094	0,00661	0,00486
ρ (kgm ⁻³)	1181	1176	1171	1166	1159
$\sqrt{\eta \cdot \rho}$	5,155	4,072	3,318	2,776	2,373
60 % glicerol					
temp. (K)	293	303	313	323	333
štev. vibracij n	85	86	86	87	87
$10^3 \cdot n^{-1}$	11,628	11,628	11,628	11,494	11,494
η (Pas)	0,0108	0,00719	0,00508	0,00376	0,00285
ρ (kgm ⁻³)	1155	1150	1146	1140	1134
$\sqrt{\eta \cdot \rho}$	3,532	2,875	2,413	2,070	1,798
50 % glicerol					
temp. (K)	293	303	313	323	333
štev. vibracij n	86	86	88	88	88
$10^3 \cdot n^{-1}$	11,628	11,628	11,364	11,364	11,364
η (Pas)	0,006	0,00421	0,0031	0,00237	0,00186
ρ (kgm ⁻³)	1129	1125	1120	1115	1109
$\sqrt{\eta \cdot \rho}$	2,603	2,176	1,863	1,626	1,436

Vibracijski viskozimeter smo pred meritvami viskoznosti žlinder umerili s pomočjo dvakrat destilirane 99,3 % glicerola, ki smo ga ustrezno razredčili z destilirano vodo. Tako smo ugotovili medsebojno odvisnost med številom vibracij (n), ki jih merimo kot ojačeno inducirano napetost odvzemne tuljave, in viskoznostjo medija. Pri tem smo upoštevali tudi njegovo gostoto pri temperaturah umerjanja. Literaturne podatke o viskoznosti in temperaturni odvisnosti gostote glicerola smo našli v tabelah ustreznih priročnikov.^{10, 11} Globina potapljanja molibdenskega čutila v glicerol, oz. kasneje v žlindro, je bila 10 mm, njegov premer pa je znašal 1 mm. Vsi za umerjanje potrebni podatki ter izmerjene vrednosti števila vibracij za različne koncentracije glicerola pri različnih temperaturah so navedeni v tabeli 2.

Vrednosti za število vibracij v odvisnosti od gostote in viskoznosti glicerola, izraženima s $\sqrt{\eta \cdot \rho}$, smo vnesli v diagram, ki ga kaže slika 1.



Slika 1

Umeritveni diagram za določevanje viskoznosti

Fig. 1

Calibration diagram for viscosity measurement

Enačbo umerjevalne krivulje smo ugotovili s pomočjo ustreznega programa računalnika HP-97 ter se glasi: $y = -73,76 + 6,64 \cdot x$, z natančnostjo $r^2 = 0,92$. Vrisana premica v diagramu sl. 1 rezultira iz zgoraj navedene enačbe.

3.2. Rezultati meritev viskoznosti

Za vrednotenje izmerjenega števila vibracij molibdenskega čutila, ki vibrira v staljeni žlindri, moramo poznati — tako kot tudi pri umerjanju

z glicerolom — gostoto preiskovanega medija pri temperaturah meritev. Podatki o temperaturni odvisnosti gostote staljenih žlinder, še posebno sintetičnih rafinacijskih žlinder, so zelo redki in če jih sploh najdemo, dokaj različni. Glede na to, da je sprememba gostote žlinder s temperaturo sorazmerno majhna (pribl. od 100 do 200 kgm^{-3} na 100 K), lahko to spremembo ustrezno ovrednotimo. Podatki o gostoti žlinder, ki nam jih je uspelo zbrati iz literaturnih virov^{12, 13}, so zbrani v tabeli 3.

Tabela 3: Podatki o gostoti metalurških žlinder

	T (K)	(kgm^{-3})
A—I, B—I	1743—1893	3150—2880
A—II, B—II	1733—1853	2560—2500
A—III, B—III	1763—1913	2630—2500
RŽ	1783—1903	3020—2820

Za račun viskoznosti smo izdelali ustrezn program za računalnik HP-97, ki je omogočil hitro in natančno računanje željenih vrednosti. Ta program vidimo prikazan na sl. 2. Tako izračunane

001	*L6LA	21 11
002	RCLC	36 13
003	PRTX	-14
004	1/X	52
005	1	01
006	0	00
007	0	00
008	0	00
009	X	-35
010	PRTX	-14
011	RCLC	36 12
012	X	-35
013	RCLA	36 11
014	+	-55
015	PRTX	-14
016	X ²	53
017	RCLD	36 14
018	÷	-24
019	PRTX	-14
020	RTH	24
021	R/S	51

Slika 2

Računalniški program računa viskoznosti

Fig. 2

Calculator program for evaluation of viscosities

vrednosti viskoznosti z upoštevanom gostoto preiskanih žlinder in številom vibracij v odvisnosti od temperature navajamo v tabeli 4.

Tabela 4: Vrednosti viskoznosti preiskanih žlinder

Žlindra	T (K)	ρ (kgm ⁻³)	n	$n-1 \cdot 10^3$	$\sqrt{\eta \cdot \rho}$	η (Pas)
A—I	1755	3128	61	16,39	35,09	0,394
	1789	3067	66	15,15	26,85	0,235
	1821	3010	69	14,49	22,47	0,168
	1868	2925	75	13,33	14,77	0,075
1893	2880	81	12,35	8,22	0,023	
A—II	1738	2558	63	15,87	31,64	0,391
	1771	2541	68	14,71	23,89	0,225
	1796	2529	71	14,08	19,76	0,154
	1823	2515	77	12,99	12,47	0,062
1855	2499	82	12,20	7,22	0,021	
A—III	1783	2613	65	15,38	28,39	0,309
	1815	2585	70	14,29	21,10	0,172
	1848	2556	75	13,33	14,77	0,085
	1880	2528	79	12,66	10,29	0,042
1915	2498	84	11,90	0,053	0,011	
B—I	1749	3140	59	16,95	38,78	0,479
	1780	3084	64	15,63	29,99	0,292
	1818	3015	69	14,49	22,47	0,168
	1846	2965	74	13,51	15,97	0,086
1881	2902	79	12,66	10,29	0,037	
B—II	1763	2630	65	15,38	28,39	0,307
	1795	2602	69	14,49	22,47	0,194
	1827	2575	73	13,70	17,20	0,116
	1861	2545	77	12,99	12,47	0,061
1893	2517	80	12,50	9,24	0,034	
B—III	1763	2630	66	15,15	26,85	0,274
	1785	2602	69	14,49	22,47	0,194
	1827	2575	73	13,70	17,20	0,115
	1861	2545	77	12,99	12,47	0,061
1893	2517	82	12,20	7,22	0,021	
RZ	1785	3017	58	17,24	40,72	0,550
	1816	2965	62	16,13	33,34	0,375
	1848	2912	67	14,93	25,34	0,221
	1875	2867	71	14,08	19,76	0,136
1903	2820	75	13,33	14,77	0,077	

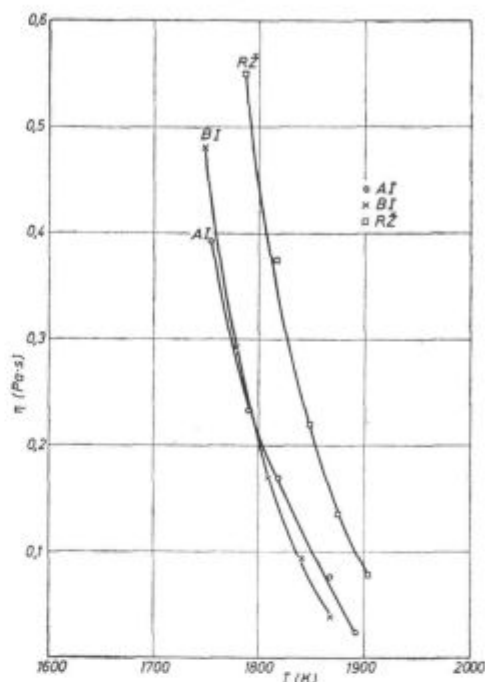
3.3. Diskusija rezultatov izmerjenih viskoznosti

Na posameznih slikah smo prikazali potek viskoznosti v odvisnosti od temperature za naslednje žlindre: na sl. 3 vrednosti za žlindre A I in B I, na sl. 4 za žlindre A II in B II ter na sl. 5 za žlindre A III in B III. Na vsako sliko smo vnesli tudi vrednost za žlindro RZ, da bi s tem olajšali primerjavo viskoznosti sintetičnih rafinacijskih žlinder z viskoznostjo rafinacijske jeklarske žlindre, ki jo uporabljajo v praksi.

Temperaturna območja, v katerih smo merili viskoznost posameznih vrst žlinder, so bila:

za žlindro A I	1755—1893 K
za žlindro A II	1738—1855 K
za žlindro A III	1783—1915 K
za žlindro B I	1749—1881 K
za žlindro B II	1731—1848 K
za žlindro B III	1763—1893 K
za žlindro RZ	1785—1903 K

Ta temperaturna območja so dokaj ozka, kar pa je bilo pri sorazmerno majhnih vrednostih, ki smo jih merili, tudi pričakovati. Iz tega razloga je naklonski kot krivulj na sl. 3—5 zelo velik.

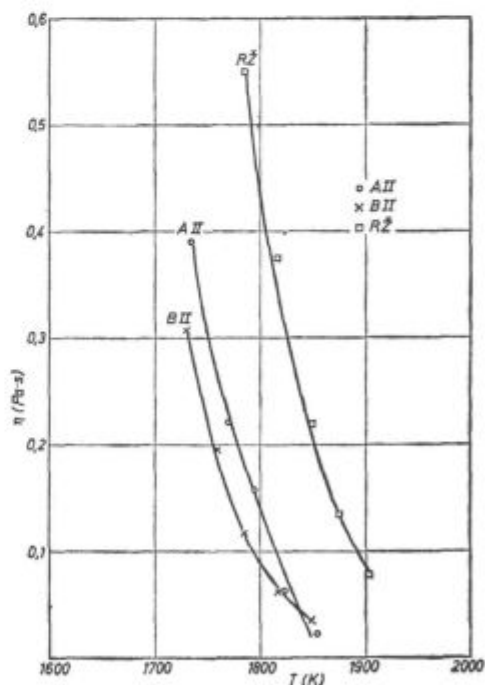


Slika 3

Temperaturna odvisnost viskoznosti žlinder A I—B I

Fig. 3

Viscosity — temperature relationship for slag A I—B I

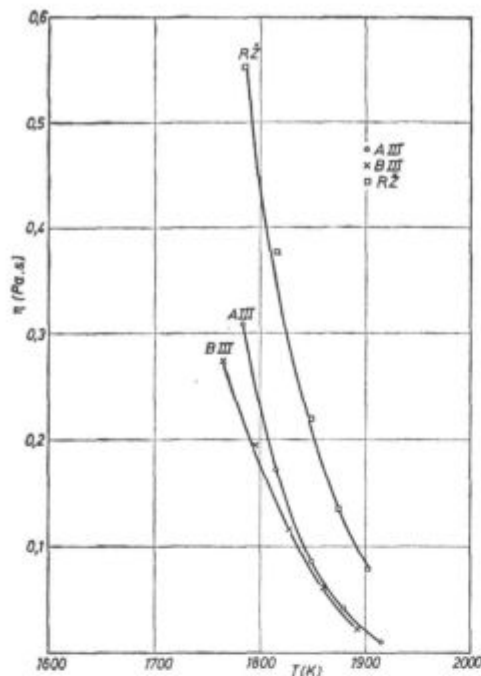


Slika 4

Temperaturna odvisnost viskoznosti žlinder A II—B II

Fig. 4

Viscosity — temperature relationship for slag A II—B II



Slika 5

Temperaturna odvisnost viskoznosti žlinder A III—B III

Fig. 5

Viscosity — temperature relationship for slag A III—B III

Primerjava krivulj posameznih sintetičnih rafinacijskih žlinder z žlindro RZ nedvomno kaže, da je viskoznost le-teh nižja, odn. da sintetične rafinacijske žlindre dosežejo enako viskoznost kot žlindra RZ pribl. 50—60 K preje. To velja predvsem za žlindre serije I in III, medtem ko je ta razlika pri žlindrah serije II nekoliko večja. Iz vseh diagramov vidimo, da je viskoznost žlinder vrste A in B skoraj enaka, razlike so minimalne. Primerjava posameznih vrst žlinder z upoštevanjem njihove sestave, predvsem deleža vsebovanega CaF_2 , potrjuje že znane ugotovitve predhodnih raziskav.¹ S povečanjem deleža CaF_2 v žlindri pada viskoznost, vendar so razlike pri raziskanih žlindrah, pri katerih je delež CaF_2 naraščal od pribl. 18 do največ 25,78 %, sorazmerno majhne in se posebno pri žlindrah serije II in III med seboj že precej prekrivajo. Ta pojav lahko pojasnimo z majhnim vplivom povečanja deleža CaF_2 v navedenem koncentracijskem območju na temperaturo, oz. na potek solidus črte binarnega sistema Al_2O_3 — CaF_2 ^{14, 15}, kar lahko zaradi znanih talilnih lastnosti CaF_2 po analogiji prenesemo tudi na večkomponentne fluoridne žlindre. Sestave raziskanih sintetičnih rafinacijskih žlinder leže v območju položnega dela solidus črte faznega diagrama Al_2O_3 . CaF_2 . Zato je razlika temperatur na likvidus črti med posameznimi sestavami minimalna, saj se le-te nahajajo v intervalu 1808—1823 K. Tudi podatki o viskoznosti v trikomponentnem sistemu CaO — Al_2O_3 — CaF_2 ¹⁶, ki veljajo za sicer nekoliko drugačne sestave, potrjujejo gornje navedbe in ugotovitve. Enako lahko ugotovimo tudi za

rezultate viskoznosti rafinacijskih žlinder,¹⁷ kjer je ujemanje objavljenih rezultatov in rezultatov naših raziskav zelo veliko.

4. ZAKLJUČKI

Rezultate izvedenih raziskav lahko strnemo v naslednje zaključke:

1. Rezultati meritev viskoznosti z novim elektronskim vibracijskim viskozimetrom so potrdili rezultate, ki smo jih opisali v prvem delu te študije.¹ Dobljene izkušnje so že omogočile določene izboljšave posameznih delov merilne naprave in s tem merilne tehnike. Naša prizadevanja težijo za tem, da bomo napravo izboljševali še naprej in tako omogočili merjenje vrednosti, oz. račun viskoznosti tudi v najnižjih viskoznostnih območjih.

Pomanjkljivost izvedenih računov viskoznosti je nezanesljivost podatkov o gostoti raziskovanih žlinder. Le-te so vselej žlindre posebnih tehnoloških postopkov izdelave jekla in zato večinoma tudi posebne sestave. Podatke o gostoti takih žlinder pa ni mogoče najti v literaturnih virih ter je potrebno privzemati vrednosti bolj ali manj podobnih žlinder.

2. Razlike med viskoznostjo sintetičnih rafinacijskih žlinder iz redne proizvodnje ter žlinder, ki smo jih laboratorijsko izdelali, skoraj ni. Tudi viskoznosti posameznih vrst rafinacijskih žlinder se zaradi sorazmerno majhne razlike vsebnosti CaF_2 med seboj le malo razlikujejo. S temperaturo viskoznost vseh preiskanih vrst žlinder močno pada in jo je mogoče s pomočjo uporabljenega viskozimetra izmeriti dovolj natančno tudi pri vrednosti, ki so manjše od 10^{-1} Pas. Izmerjene vrednosti so v skladu s podatki iz literaturnih virov.

Literatura

1. Rosina A.: Meritve viskoznosti metalurških žlinder z vibracijskim viskozimetrom; I. Viskoznost rafinacijskih žlinder za EPZ, *Železarski zbornik (Ljubljana)* 15 (1981), št. 1, 19—24
2. Stengelmejer S. V.: Elektromagnetni vibracioni viskozimet, *Zavodska laboratorija (Moskva)*, XXX (1964), No. 2, 238—239
3. Smoljarenko V. D., Jakušev A. M., Edneral F. P.: Metodika izmerenja vjaznosti rasplavljenih šlakov elektrovibracionim viskozimetrom, *Zavodska laboratorija (Moskva)*, XXX (1964), No. 8, 969—972
4. Parabin V. V., Pesčihin L. A., Ljamcev K. K.: K voprosu o viskozimetri metalurgičeskikh rasplavov vibracionim metodom; *Zavodska laboratorija (Moskva)*, XL (1974), No. 4, 415—417
5. Arsentev P. P., Vinogradov B. G., Lisickij B. S.: Izmerenje vjaznosti rasplavov na osnove železa na elektrovibracionom viskozimetre; *Izvestija visših učebnih zavedenij — Černaja metalurgija, (Moskva)*, (1974), No. 7, 181—183

6. Nikitin G. M.: Avtomatičeskaja laboratornaja ustanovka dlja opredelenija vjazkosti šlakovih rasplavov; Zavodskaja laboratorija (Moskva), 42 (1976), No. 4, 456—457
7. Krutin V. N., Ušakov L. A.: Fazovij vibracionij metod izmerenija vjazkosti; Zavodskaja laboratorija (Moskva) XLII (1976), No. 10, 1197—1199
8. Jakušev A. M., Popravko V. V.: Vjazkost rafinirovočnih šlakov s razžižajušimi dobavkami; Izvestija visših učebnih zavedenij. Černaja metalurgija (Novokuzneck) 19 (1976), No. 3, 59—62
9. Gancerovskij O. G., Čepelenko Ju., Ovčaruk A. N.: Primenenje matematičeskijh metodov dlja obobščeniya danij o vjazkosti šlakov; Izvestija visših učebnih zavedenij; Černaja metalurgija (Moskva) 20 (1977), No. 10, 38—41
10. Hodgmen C. H.: Handbook of Chemistry and Physics; Fortieth Ed: Chemical Rubber Publishing Co., (Cleveland, Ohio), (1958) 2169
11. VDI WARMEATLAS 1974: Blatt D c 7, Blatt D c 9, Verlag VDI, (Düsseldorf), (1974)
12. Kozakevitch P.: Viscosité des latiers de hauts fourneaux; Latiers des marches en ferromanganese; Revue de la Metallurgie (Paris) 62 (1967), No. 1, 9—14
13. Elliot D. F., Gliser M., Ramakrišna V.: Termohimija staleplavitel'nyh procesov, Izdatel'stvo »Metalurgija« (Moskva), (1969) 252
14. Mitchell A., Burel B.: The phase diagram of CaF_2 — Al_2O_3 electroslag fluxes; Journal of Iron and Steel Institute (London), Vol. 208, Part 3 (1970), 407
15. Zmodin G. I., Catterdži A. K.: Osobnosti kristalizacii šlakov sistem Al_2O_3 — CaF_2 ; Izv. AN SSSR, Metali (Moskva), 12 (1971), No. 6, 46—52
16. Povolockij D. Ja., Miščenko V. Ja., Vjatkin G. P., Puzirev A. V.: Fiziko-hemičeskije svojstva rasplavov sistem CaO — Al_2O_3 — CaF_2 ; Izvestija visših učebnih zavedenij, Černaja metalurgija (Moskva), 13 (1970), No. 12, 8—12
17. Manjugin A. P., Sokolov G., Sergeev A. G.: Isledovanie fizičeskijh svojstv rafinirovočnih šlakov; Izvestija visših učebnih zavedenij, Černaja metalurgija (Moskva), 18 (1975) No. 3, 67—70

ZUSAMMENFASSUNG

Mit der Hilfe des neu entwickelten elektronischen Vibrationskosimeter den wir in ZEZB, 15 (1981), Nr. 1, 19—24 näher beschrieben haben, haben wir die Viskosität der syntetischen Raffinationsschlacken aus dem Lichtbogenofen gemessen.

Mit der Hilfe dieses Viskosimeters haben wir die Viskosität von drei verschiedenen, am Markt erhältlichen syntetischen Schlacken, und von drei weiteren jedoch aus reinen Stoffen hergestellten Schlacken gleicher Zusammensetzung, gemessen. Die Schlacken unterschiedeten sich untereinander vor allem in CaF_2 Gehalt, welcher im Bereich von 18 bis 25 % variierte. Die Ergebnisse der

Messungen wurden mit der Viskosität der Raffinationsschlacken aus dem Lichtbogenofen der täglichen Produktion verglichen. Die gemessenen Werte zeigen, dass die Unterschiede in der Viskosität im Temperaturbereich zwischen 1730 und 1915 °K bei welchen die Messungen durchgeführt worden sind, verhältnismässig klein sind, die gemessenen Werte sind der Grösse nach von $4 \cdot 10^{-1}$ bis 10^{-2} Pas. Mit dem steigenden CaF_2 -Gehalt fällt die Viskosität der syntetischen Schlacken. Die Viskosität dieser Schlacken ist kleiner als die Viskosität der Vergleichsschlacken aus der regulären Produktion, denn die syntetischen Schlacken erreichen die gleiche Viskosität wie die Vergleichsschlacken schon 50 bis 60 K früher.

SUMMARY

By the new developed electron vibration viscosimeter, detailedly described in ZEZB 15 (1981), No. 1, pp. 19—24, the viscosities of synthetic refining slags for steelmaking electric arc furnace were measured.

Viscosity of three various commercial synthetic slags and of three slags with the same composition but prepared of pure components was measured. Composition of slags varied mainly in the CaF_2 contents being between 18 and 25 %. The obtained viscosity results were compared with

the viscosities of refining slags of the normal manufacturing process in electric arc furnace. The measured values show that the differences in viscosities in the temperature range between 1730 and 1915 K are relatively small, and the viscosities are of order $4 \cdot 10^{-1}$ to 10^{-2} Pas. Increased portion of CaF_2 reduces the viscosity of synthetic slags. Viscosity of those slags is smaller compared to that of the reference slag of the normal manufacturing process since the synthetic slags reach the same viscosity as the reference slag already at 50 to 60 K lower temperatures.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При помощи современного электронного вибрационного вискозиметра, который был подробно описан в ZEZB 15 (1981) No 1, стр. 19—24 выполнены измерения вязкости синтетических рафинированных шлаков для дуговой электропечи.

При помощи вискозиметра была измерена вязкость трех различных синтетических шлаков очередного промышленного производства и трех шлаков одинакового состава, изготовленных из чистых компонент. Шлаки различались между собой главным образом содержанием CaF_2 , которое менялось в диапазоне между 18—25 %.

Полученные результаты вязкости сравнивали с результатами вязкости рафинированных шлаков дуговой электропечи очередного производства.

Измеренные значения показали, что различия вязкости в температурном диапазоне между 1730—1915 K, при котором велось измерение, незначительны и составляют $4 \cdot 10^{-1}$ до 10^{-2} Pas.

С увеличением доли CaF_2 вязкость синтетических шлаков уменьшается. Вязкость этих шлаков меньше вязкости шлака порядкового производства, послуживший для сравнения, так как синтетические шлаки достигают одинаковую вязкость при сравнении с шлаками классического производства уже 50—60 K ниже.