

ბიზნეს-ინჟინერინგი სამთო-გეოლოგიაში

ჭიათურის მანგანუმის საბადოვან მიწაზე ახალი კონცენტრატის მეტალურგიული თვისებების გამოკვლევა

ნუგ ზარ ნერეთელი, სტუ-ს პროფესორი;
ქეთევან ნერეთელი, სტუ-ს ასოც. პროფესორი;
მაია მშვილდაძე, სტუ-ს პროფესორი

რეზიუმე

საქართველოს საექსპორტო პროდუქციაში, მანგანუმიან ფეროშენადნობებს მე-2 ადგილი უჭირავს (9.0%). მანგანუმიანი ფეროშენადნობების ძირითად მწარმოებელს ჩვენს ქვეყანაში ზესტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხანა წარმოადგენს, სადაც წლიურად 200 ათას ტონამდე სილიკომანგანუმი დნება. ჭიათურის მაღალი ხარისხის კონცენტრატების დეფიციტს, ქარხანა საზღვარგარეთიდან შემოტანილი ძვირადღირებული მადნებით ფარავს.

არსებული დეფიციტის შევსებისა და ჭიათურის საბადოს რაციონალური გამოყენების მიზნით, დამუშავებულია ტექნოლოგია, რომელიც ჭიათურის შერეული მადნებიდან ნაჭროვანი კონცენტრატების მიღების საშუალებას იძლევა. შესწავლილია მანგანუმის ამ ახალი ნედლეულის მთელი რიგი მეტალურგიული თვისებები, კერძოდ, მინერალოგიური, გრანულომეტრიული და ფაზური შედგენილობა, მისი აირგანვლადობა, ელექტრო და თბოფიზიკური მახასიათებლები, განსაზღვრულია საცდელი კონცენტრატებიდან სილიკომანგანუმის მიღების ტექნოლოგიური პარამეტრები.

Summary

Study of metallurgical properties of new manganese ore concentrate obtained from the Chiatura field

Among Georgian export products manganese ferroalloys take the second place (9.0%). Zestaphoni Ferroalloy Plant (ZFP) is main producer of manganese ferroalloys, where approximately 200 thousand tons of silicomanganeses smelted per year. Deficit of high-quality concentrates is compensated for by expensive ores imported from abroad.

For making up the deficit and rational use of Chiaturaore deposits advanced technology has been developed permitting obtaining special composition lump concentrates from Chiatura mixed ores. A number of metallurgical properties of these new manganese raw materials have been studied; in particular, the mineralogy, grain size and phase composition, air permeability, electrical and thermophysical characteristics; technological parameters for obtaining silicomanganese from test concentrates are determined.

* * * * *

ჭიათურის საბადოს რაციონალური გამოყენების მიზნით, სტუ-ს “ელექტრომეტალურგიის სასწავლო-სამეცნიერო ცენტრში” დამუშავებული იქნა ტექნოლოგია, რომელიც ჭიათურის მანგანუმის შერეული მადნებიდან ნაჭროვანი კონცენტრატის მიღების საშუალებას იძლევა [1].

მანგანუმის ამ ახალი ნედლეულის მეტალურგიული თვისებების გამოსაკვლევად, შესწავლილი იქნა მისი ქიმიური, მინერალოგიური, გრანულომეტრიული და ფაზური შედგენილობა, აირგანვლადობა, კონცენტრატის ელექტრონინალობის ტემპერატურასთან დამოკიდებულება და გარბილების ტემპერატურული ინტერვალი. განსაზღვრული იქნა ახალი მეტალურგიული ნედლეულის თბოფიზიკური თვისებები (ენტალპია, სითბოტევადობა, სითბოგამტარებლობის კოეფიციენტი).

შედარების მიზნით, ანალოგიური კვლევები ჭიათურის მე-3 ხარისხის ოქსიდური კონცენტრატის გამოყენებითაც ჩატარდა. საცდელი კონცენტრატებიდან სასაქონლო სილიკომანგანუმის გამოდნობის ექსპერიმენტი “ტამანის” ტიპის ელექტროლუმენში განხორციელდა.

საცდელი კონცენტრატის ქიმიური, გრანულომეტრიული, ფაზური შედგენილობა და აირგანვლადობა საცდელი კონცენტრატის ქიმიური, გრანულომეტრიული და ფაზური შედგენილობა 1, 2. და 3 ცხრილშია მოცემული, ხოლო მინერალოგიური შედგენილობა. სურ. 1-ზეა ნაჩვენები.

ცხრილი 1.

საცდელი კონცენტრატის ქიმიური შედგენილობა, %

Mn	SiO ₂	CaO	Fe	P	გ.დ
25-35	20-35	5-12	1-2	0.16-0.19	18-23

ცხრილი 2

საცდელი კონცენტრატის გრანულომეტრიული შედგენილობა, %

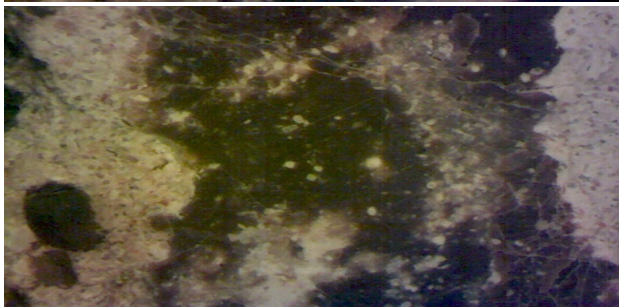
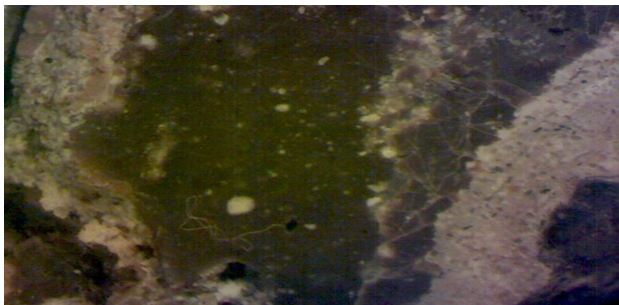
ფრაქცია, მმ			
-20+18	-18+15	-15+13	-13+10
32-34	29-35	24-30	5-11

ცხრილი 3.

საცდელი კონცენტრატის ფაზური შედგენილობა, %

Mn-ის საერთო რაოდენობა	Mn კარბონატების სახით	Mn ოქსიდების სახით
25-35	55-70	30-45

მე-3 ცხრილის მონაცემებიდან გამომდინარე, საკვლევ მასალაში ძირითადად სჭარბობს კარბონატული ტიპის მდგენელები, რასაც აღნიშნული მასალის გამოწვის დანაკარგის მაღალი მნიშვნელობა (ცხრ.1) და მისი მინერალოგიური გამოკვლევაც ადასტურებს (სურ.1); კერძოდ, კარბონატული მდგენელი, რომელიც დიდი რაოდენობით შეიცავს ნატეხოვან მასალას, მიკროსფეროლიტური აღნაგობისაა; მანგანუმის ამ ახალ ნედლეულში კარბონატები ძირითადად წარმოდგენილია მანგანოკალციტის სახით, რომელშიც ალაგ-ალაგ მოთავსებულია ბზარების მქონე კალციუმიანი ფსილომელანი-რანსეიტი. ნიმუშში აღინიშნება ოლიტიტური წარმონაქმნის დაჭიმულობა, რომლის ზონებიც მანგანოკალციტით და ქალცედონითაა წარმოდგენილი. არამადნური ნაწილი უმეტესწილად კვარციტს, ჰალცედონსა და ოპალს შეიცავს. ნიმუშში იშვიათადაა პირიტის მცირე რაოდენობაც



სურ.1 საცდელი კონცენტრატის მინერალოგიური შედგენილობა

კაზმის აირგანვლადობა ჰიდრაულიკურ თვისებათა ჯგუფს განეკუთვნება და იგი დიდ გავლენას ახდენს ლუმელში მიმდინარე ფიზიკო-ქიმიურ პროცესებზე. ნაჭროვანი საკაზმე მასალების გამოყენება ზრდის ნამყვანი ელემენტის ამოკრეფასა და შესაბამისად მიღებული ლითონის რაოდენობას. ჩგარდა ამისა, ლუმელი ამოფრქვევის გარეშე მუშაობს და მისი ელექტრული რეჟიმიც სტაბილურია.

საცდელი პროდუქტის აირგანვლადობის განსაზღვრა კლასიკური მეთოდით განხორციელდა [2], კერძოდ ანგარიშისას გამოყენებული იქნა დამოკიდე-

ბულება

$$K = \frac{QL}{FtP}$$

- სადაც K აირგანვლადობის რიცხვია;
- Q ნიმუშში გამავალი ჰაერის რაოდენობა, სმ³;
- L ნიმუშის სიმაღლე, სმ;
- T ნიმუშში Q სმ³ ჰაერის გავლის დრო, წთ;
- P წნევა, რომლითაც ჰაერი გადის ნიმუშში.

ექსპერიმენტის შედეგებიდან გამომდინარე, საცდელი კონცენტრატის აირგანვლადობა საკმაოდ მაღალია და იგი 405-583 ერთეულ დიაპაზონში მერყეობს.

საცდელი კონცენტრატის ელექტრონინალობისა და გარბილების ტემპერატურის გამოკვლევა

ფეროშენადნობების გამოსადნობი კაზმის მადნური ნაწილის ელექტრონინალობა და მისი გარბილების პროცესის ტემპერატურაზე დამოკიდებულების ხასიათი, მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მთლიანი კაზმის თვისებებზე. მანგანუმიანი ფეროშენადნობების გამოდნობისას, ლუმელის ელექტრორეჟიმი მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული კაზმის ელექტრონინალობისა და გარბილების პროცესზე, რის გამოც აღნიშნული ფიზიკური მახასიათებლები, ქიმიურ შედგენილობასთან ერთად, ახალი ნედლეულის ძირითად მეტალურგიული თვისებების განმსაზღვრელ ფაქტორად უნდა ჩაითვალოს. კაზმის ელექტრონინალობისა და გარბილების დანყების ტემპერატურის მაღალი მაჩვენებლები უზრუნველყოფს დნობის პროცესში კაზმში ელექტროდების ღრმა ჩაჯდომას, შედეგად მნიშვნელოვნად მცირდება ზედა ჰორიზონტებზე დენის გადადინება ელექტროდებს შორის და შესაძლებელია სასარგებლო ძაბვისა და შესაბამისად, სალუმელე დანადგარის სასარგებლო სიმძლავრის გაზრდა მცირე ელექტროენერგიის დანაკარგით. ელექტროლუმელში დნობისას, მიმდინარეობს რთული ფიზიკო-ქიმიური გარდაქმნები, რომელთა შორის საკაზმე მასალების გარბილება განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებს. კაზმის მოძრაობისას საკერძედან ქვემოთ, იზრდება მისი ტემპერატურა. ტემპერატურულ ზონაში მოხვედრისას, იწყება კაზმის მადნური ნაწილის გარბილება, წარმოიქმნება შემცხვარი კონგლომერატი და როგორც შედეგი, ხდება დნობის აეროდინამიკური პირობების გაუარესება.

აღნიშნულ ზონაში მცირდება ალდგენითი პროცესების სიჩქარე და ნელდება კაზმის სვლის სიჩქარეც. კაზმის გარბილების ტემპერატურულ ზონაში, აირგანვლადობის შემცირების გამო, ხდება გახურებული აირების აღმავალი ნაკადის დაგროვება და ცალკეული ხვრელების საშუალებით მაღალი ტემპერატურითა და სიჩქარით, მათი გადინება ლუმელიდან. მაღალტემპერატურამდე გახურებული აირები თავის მხრივ ხელს უწყობს ნიდის ნაადრევ წარმოქმნას.

ზემო აღნიშნულიდან გამომდინარე, ახალი სახის ნედლეულის მეტალურგიული თვისებების შესწავლისას, აუცილებელია გამოკვლეული იქნას მისი ელექტრონინალობა და გარბილების ტემპერატურული ინტერვალი. ამ მიმართულებით სპეციალისტთა მიერ მრავალი კვლევითი სამუშაოებია ჩატარებული [3-8].

ჭიათურის მანგანუმის მადნის გამდიდრებისას მიღებული საცდელი კონცენტრატის ელექტრონინალობისა და გარბილების ტემპერატურული ინტერვალის შესწავლა განხორციელდა კონტაქტური მეთოდით სტუ-ს “ელექტრომეტალურგიის სასწავლო-სამეცნიერო ცენტრში” არსებულ დანადგარზე. ანათვლების აღება ხდებოდა ყოველი 100°C ტემპერატურული ინტერვალით ოთახის ტემპერატურიდან ნიმუშის გარბილების ტემპერატურის დასრულებამდე. კუთრი ელექტრონინალობა გამოითვალა შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$\rho = \frac{RS}{h}$$

, სადაც ρ კუთრი ელექტრონინალობაა, ომი-მ;

R ნიმუშის ელექტრო წინალობა, ომი;

S ნიმუშის განიკვეთის ფართი, მ²;

h ნიმუშის სიმაღლე, მ.

კონცენტრატების ქიმიური შედეგნილობა ცხრ. 4-შია მოცემული.

ცხრილი 4.

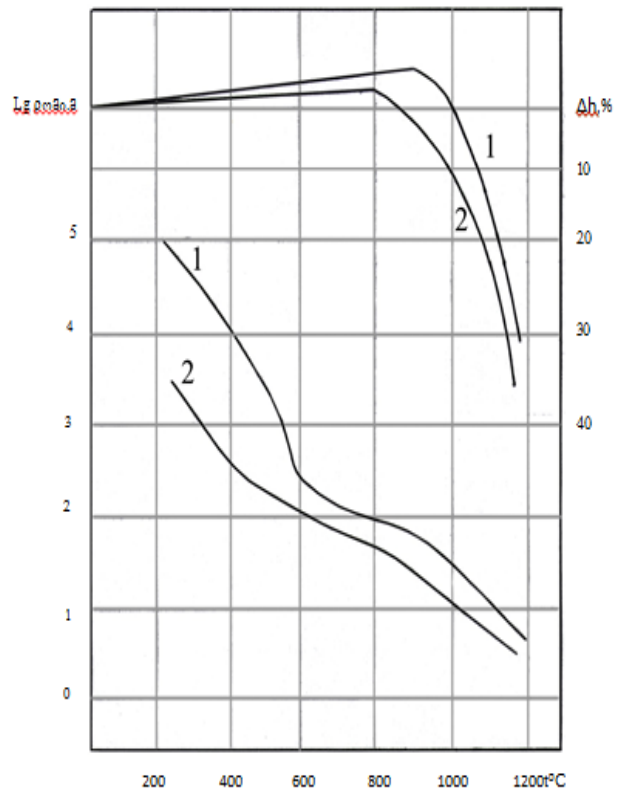
დასახელება	Mn	SiO ₂	CaO	Fe	P	ბ.დ
საცდელი კონცენტრატი	25.5	32.6	7.9	1.3	0.16	19.4
მე-3 ხ. ოქსდ. კონცენტრატი	37.1	19.8	4.1	1.5	0.18	15.6

ექსპერიმენტის შედეგებიდან გამომდინარე, განხილულ ტემპერატურულ ინტერვალში, საცდელი კონცენტრატი მაღალი კუთრი ელექტრონინალობით გამოირჩევა, კერძოდ 250°C-ზე მისი კუთრი ნინალობა 1.5 ჯერ აღემატება მე-3 ხარისხის ოქსიდური კონცენტრატის ანალოგიურ მაჩვენებელს (სურ.2). ტემპერატურის შემდგომი მატებით აღნიშნული თანაფარდობა მცირდება და 1150°C-ზე ეს სიდიდე 1.2 აღარ აღემატება.

გარბილების ტემპერატურის განსაზღვრით დადგინდა, რომ საცდელი კონცენტრატი ხასიადება გარბილების დანყების უფრო მაღალი ტემპერატურითა (1000°C) და გარბილების ტემპერატურული ინტერვალის მცირე სიდიდით (100°C), ვიდრე მანგანუმის მე-3 ხარისხის ოქსიდური კონცენტრატი (შესაბამისად 850 და 250°C).

შედეგებიდან გამომდინარე, საცდელი კონცენტრატის გამოყენებამ სილიკომანგანუმის კაზმში უნდა გააუმჯობესოს ლუმელის ელექტრონული მახა-

სიათებლები.



სურ. 3. კონცენტრატების ელ.წინალობისა და გარბილების დამოკიდებულება ტემპერატურაზე

1. საცდელი კონცენტრატი,

2. მე-3 ხარისხის ოქსიდური კონცენტრატი.

საცდელი კონცენტრატის თბოფიზიკური თვისებების გამოკვლევა

ცნობილია, რომ ფეროშენადნობთა წარმოებისას საკაზმე მასალების თბოფიზიკური სიდიდეები (თბომომხმარებლობა, სითბოტევადობა, სითბოგამტარებლობა) უშუალოდ განსაზღვრავს დახარჯული ელექტროენერგიის რაოდენობას. ამიტმაც აღნიშნულ საკითხთან დაკავშირებული გამოკვლევები ყოველთვის ინვევდა სპეციალისტთა დიდ ინტერესს [9-20].

როგორც გამოკვლევებმა აჩვენა, საცდელი კონცენტრატის მინერალოგიური შედეგნილობიდან გამომდინარე, სითბოტევადობა პიკს 600-800°C ტემპერატურაზე აღწევს (0.96კჯ/კგ.გრ.). ამავე ტემპერატურულ ინტერვალში სითბოგამტარებლობის კოეფიციენტი 089-1.1ვტ/მ.გრ დიაპაზონში მერყეობს, ხოლო თბომომხმარებლობის ნაზრდი 1.5-ჯერ აღემატება 800-1100°C ტემპერატურულ ინტერვალში თბომომხმარებლობის ანალოგიურ მაჩვენებელს (ცხრ.5).

ცხრილი 5.

საცდელი კონცენტრატის თბოფიზიკური მახასიათებლები

ტემპერატურა °C	თბომომხარებლობა კვ/კგ	სითბოტევადობა კვ/კგ·გრ	სითბოგამტარებლობის კოეფიციენტი ვტ/მ·გრ
100	85	0,85	0,89
200	165	0,82	0,71
300	232	0,77	0,79
400	360	0,90	0,84
500	475	0,95	0,86
600	578	0,96	0,89
700	650	0,93	0,98
800	765	0,96	1,10
900	873	0,97	1,83
1000	1010	1,01	1,84
1100	1218	1,11	1,90

საცდელი კონცენტრატის თბოფიზიკური მახასიათებლებიდან გამომდინარე, ელექტროლუმენში მანგანუმის ამ ახალი ნედლეულის გამოყენება არ გამოიწვევს ელექტროენერჯის გადახარჯვას.

საცდელი კონცენტრატიდან სილიკომანგანუმის გამოდნობის ტექნოლოგიის დამუშავება

სილიკომანგანუმი ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული და საჭირო ფეროშენადნობია ფოლადის წარმოებისთვის. საბაზრო ეკონომიკის პირობებიდან გამომდინარე, ზესტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხანა ამჟამად მხოლოდ სილიკომანგანუმს აწარმოებს (საშუალოდ 200 ათას ტონას წელიწადში). ზ.ფ.ქ-ში სილიკომანგანუმის გამოდნობის ტექნოლოგია კაზმში მანგანუმის მაღალი ხარისხის კონცენტრატის გამოყენებას ემყარება. ჭიათურის კონცენტრატის არასაკმარისი რაოდენობის გამო, ქარხანაში საზღვარგარეთის ძვირადღირებული მადნები შემოაქვთ. ადგილობრივი ნედლეულით კონცენტრატების დეფიციტის შევსების მიზნით, ლაბორატორიულ პირობებში განსაზღვრული იქნა საცდელი კონცენტრატის გამოყენების ეფექტიანობა სილიკომანგანუმის გამოდნობის პროცესში. საკაზმე მასალების ქიმიური შემცველობა, კაზმის შედგენილობა და გამოდნობის ტექნოლოგიური მაჩვენებლები ცხრ. 6-8-შია ნაჩვენები.

ცხრილი 6

საკაზმე მასალების ქიმიური შედგენილობა, %

დასახელება	Mn	SiO ₂	CaO	Fe	P
სპეცკონცენტრატი	25.0	33.3	8.1	1.4	0.14
Mn -ის მესამე ხარისხის კონცენტრატი	37.1	19.8	4.1	1.8	0.17
კვარციტი	-	95.6	-	-	-
კოქსწვრილა (ნაცარი)	-	48.4	-	-	0.14

ცხრილი 7

კაზმის შედგენილობა, %

დასახელება	მაჩვენებელი
სპეცკონცენტრატი	35.9
Mn -ის მესამე ხარისხის კონცენტრატი	48.6
კვარციტი	2.8
კოქსწვრილა	12.7

ცხრილი 8

სილიკომანგანუმის გამოდნობის ტექნოლოგიური მაჩვენებლები

დასახელება	საცდელი ვარიანტი
ლითონის ქიმიური შედგენილობა, %	
Mn	74.6
Si	18.8
C	1.8
Fe	4.5
p	0.35
Mn-ის შემცველობა წიდაში	12.3
ამოკრეფვა ლითონში, %	
Mn	78.2
Si	45.6
p	75.0
საკაზმე მასალების ხარჯი 1ტ. ლითონზე, კგ	
საცდელი კონცენტრატი	1269
Mn -ის მესამე ხარისხის კონცენტრატი	1717
კვარციტი	99
კოქსწვრილა	449

დნობის შედეგებიდან გამომდინარე, ახალი კონცენტრატის გამოყენება სილიკომანგანუმის კაზმში მისაღები და ეფექტურია.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. ნ. ნერეთელი, "საქპატენტის" დადებითი გად-
ანყვეტილება განაცხადზე № 12852/01 2012 "მანგან-
უმის ოქსიდურ-კარბონატული მადნის გამდიდრების
ნერხი".

2. А.В. Курдюмов, А.М. Михайлов и др. лабора-
торные работы по технологий литейного производство
1970г. Стр. 22

3. Кекелидзе М. А., Николаишвили Г. У./
Электропроводность марганцевых окислов. //
Сообщения АН ГССР, Тб. 1970 г. Т. 57. № 2. Стр. 393-
397

4. Мазмишвили С. М., Симонгулов З. А. /
Металлургические свойства брикетов, изготовленных
на основе марганцевых концентратов с различным
содержанием кремнезема. // В сб.: „Марганец“. Тб. №
1 (73). 1981 г.

5. Мазмишвили С. М., Церетели Н. И., Суламанидзе
В. К. / Электросопротивление и размягчение
концентратов, полученных из Чиатурских марганцевых
концентратов. // В сб.: „Марганец“. Тб. № 4 (94). 1984
г. Стр. 22-26.

6. Мазмишвили С. М., Церетели Н. И. /
Электросопротивление и размягчение Чиатурского
марганцевого карбонатного концентрата. // Тезисы док-
тов XXII н/т конф. профессорско-преподавательского
состава ВГУЗ-ов Закавказья. Тб. 1985 г. Стр. 58-59.

7. სამუალონახშირბადიანი ფერომანგანუმის კა-
ზმის ელ. წინააღობისა დაგარბილების ტემპერატურის
შესწავლა მანგანუმის საცდელი კონცენტრატების
გამოყენებისას. / ნ. ნერეთელი, ა. წილოსანი, ქ. ნერ-
ეთელი. // სტუ-ის შრომები. 1993 წ. № 1 (394). გვ.
28-36.

8. Исследование и определение температурной
зависимости электросопротивления и размягчения
брикетов ОГКК и шихт углеродистого ферромарганца.
/ Мазмишвили С. М., Церетели К. Н., Церетели Н. И.
// Марганец. Реф. сб. Тб. ГрузНИИНТИ. 1987 г. № 2
(110), Стр. 18-21.

9. Хомасуридзе Ш. Н., Сигуа Т.И., Николаишвили Г.
У./Теплофизические свойства и электросопротивление
шихты с/у ферромарганца. // В сб.: Теория и практика
металлургии марганца. Наука. 1980 г. Стр. 8-14.

10. Кондратьев Т. В. / Испытание на
теплопроводность по методу регулярного режима. //
Гостехиздат. М. 1954 г. Стр. 273.

11. Ликов А. В. / Теория теплопроводности //
Высшая школа. М. 1967 г. Стр. 480.

12. Рафалович И. М., Денисова И. А. / Определение
теплофизических свойств металлургических
материалов. // Металлургия. М. 1971 г. Стр.159.

13. Smith C. S., Metals techn. 1939. Vb. # 6. P. 1.

14. Кучер А. Г., Ильченко К. Д. / Исследование
теплофизических свойств марганцевых материалов и
шихт для выплавки марганцевых ферросплавов // Изд.
„Металлургия и коксохимия“. Киев. „Техника“. 1971 г.

Вып. 26. Стр. 31-34.

15. Исследование влияния добавок уноса пыли
на теплофизические свойства шихтовых материалов
ферросплавного производства. / Ильченко К.
Д., Мазмишвили С. М., Мчедлидзе Т. Я. и др. //
Днепропетровск. УкрНИИНТИ. 1988 г. № 644. Стр. 33.

16. მანგანუმის სპეცკონცენტრატისა და მის
ფუძეზე დამზადებული ს/ნ ფერომანგანუმის კაზმის
თბოფიზიკური თვისებების შესწავლა. / ნ. ნერეთე-
ლი, ს. მაზმიშვილი, ქ. ნერეთელი. // სტუ-ის შრომე-
ბი. 1995 წ. № 3 (405). გვ. 96-105.

17. Ильченко К. Д., Розенгарт Ю. И. / Определение
теплофизических свойств на основе баланса тепла. // В
сб.: „Металлургия и коксохимия“. Киев. „Техника“.
1971 г. Вып. 26. Стр. 31-34.

18. Ильченко К. Д., Розенгарт Ю. И. / Установка для
исследования теплофизических свойств дисперсных
материалов. // Тезисы докладов IV всесоюзной
конференции „Механика сыпучих материалов“.
Одесса. 1980 г. Стр. 279.

19. ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის სპეცკონ-
ცენტრატის კაზმის ზოგიერთი მეტალურგიული
თვისებების გამოკვლევა. / ს. მაზმიშვილი, დ. ნა-
ნობაშვილი, ქ. ნერეთელი, ნ. ნერეთელი. // სტუ-ის
შრომები. № 2 (452). გვ. 112-115. 2004 წ.

20. Теплофизические свойства новых шихтовых
материалов и шихт для выплавки ферромарганца. /
Ильченко К. Д., Морозенко В. П., Мазмишвили С. М.,
Церетели Н. И. / Известия ВУЗ-ов. Черная мкталлургия.
1989 г. № 8. Стр. 31-33.