

ნ. ნაკათელი, ქ. ნაკათელი

**ფაროვნადნობების
ნარმოების ტექნოლოგია**



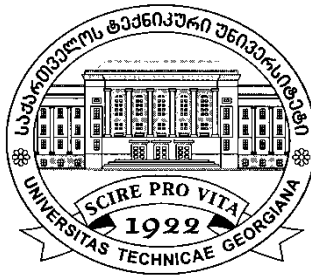
“ტექნიკური უნივერსიტეტი“

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნ. წერეთელი, ქ. წერეთელი

ფეროშენადნობების
წარმოების ტექნოლოგია
(კითხვა-პასუხი)

ექლენება ჩვენი პედაგოგისა და გამოჩენილი მეცნიერის,
პროფესორ სერგო (სეირან) მაზმიშვილის ნათელ ხსოვნას



რეგისტრირებულია სტუ-ს
სარედაქციო-საგამომცემლო
საბჭოს მიერ

თბილისი
2008

კითხვა პასუხის სახითაა გადმოცემული მანგანუმიანი, სილიციუმიანი და ქრომიანი ფეროშენადნობების გამოდნობის ტექნოლოგია და ნაჩვენებია ფეროშენადნობების როლი და მნიშვნელობა ფოლადის წარმოებაში.

დამხმარე სახელმძღვანელო დიდ სამსახურს გაუწევს როგორც უმაღლესი სასწავლებლის სტუდენტებს შავი ლითონების მეტალურგიის სპეციალობით, ასევე ფეროშენადნობების წარმოებაში დასაქმებულ ინჟინერ-ტექნიკურ პერსონალს.

რეცენზენტი სრული პროფესორი ზ. სიმონგულაშვილი

© საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2008

ISBN 978-9941-14-186-7

<http://www.gtu.ge/publishinghouse/>



შინაარსი

| | |
|--|-----|
| შესავალი ----- | 4 |
| 1. ზოგადი მიმოხილვა ----- | 6 |
| 2. მანგანუმის ფეროშენადნობები ----- | 30 |
| 2.1. სილიკომანგანუმი ----- | 37 |
| 2.2. ნახშირბადიანი ფერომანგანუმი ----- | 46 |
| 2.3. მცირე და საშუალონახშირბადიანი ფერომანგანუმი | 53 |
| 2.4. ლითონური მანგანუმი ----- | 59 |
| 2.5. აზოტირებული მანგანუმი ----- | 73 |
| 3. სილიციუმის ფეროშენადნობები ----- | 76 |
| 3.1. ფეროსილიციუმი ----- | 78 |
| 3.2. კრისტალური სილიციუმი ----- | 85 |
| 3.3. სილიციუმის კარბიდი ----- | 89 |
| 4. ქრომიანი ფეროშენადნობები ----- | 94 |
| 4.1. მაღალნახშირბადიანი ფეროქრომი ----- | 96 |
| 4.2. ფეროსილიკოქრომი ----- | 104 |
| 4.3. მცირენახშირბადიანი ფეროქრომი ----- | 107 |
| 4.4. საშუალონახშირბადიანი ფეროქრომი ----- | 116 |
| 4.5. ლითონური ფეროქრომი ----- | 119 |
| 4.6. აზოტირებული ფეროქრომი ----- | 123 |
| ლიტერატურა ----- | 126 |

შესავალი

ქვეყნის ეკონომიკური განვითარებისა და ცხოვრების დონე განისაზღვრება ნახშირის, ნავთობისა და ბუნებრივი აირის მოხმარებული რაოდენობით. ამ ბუნებრივი რესურსების მოპოვება და ტრანსპორტირება თავის მხრივ დაკავშირებულია სხვადასხვა მარკის ფოლადის წარმოებასა და გამოყენებასთან. აღნიშნულიდან გამომდინარე მსოფლიო მოთხოვნილება ფოლადზე ყოველწლიურად იზრდება და მატების ტემპი მომავალშიც შენარჩუნდება. იმის გათვალისწინებით, რომ ფოლადის გამოდნობა ფეროშენადნობების დანამატის გარეშე შეუძლებელია, ძნელი წარმოსადგენი არ არის, რაოდენ განუზომელია ფეროშენადნობების როლი და მნიშვნელობა ფოლადის წარმოებაში.

ამჟამად მსოფლიოს 90 ქვეყანა 150 სხვადასხვა სახის ფეროშენადნობებს ადნობს, რომელიც სუფთა ან გარკვეული თანაფარდობით 25-მდე ელემენტს შეიცავს. წარმოებული ფეროშენადნობების ნახევარი მანგანუმიანი, ხოლო დანარჩენი სილიციუმიანი, ქრომიანი, ნიკელიანი და სხვა შენადნობებია.

საქართველოს სტატისტიკის დეპარტამენტის მონაცემებით სასაქონლო პროდუქციიდან საექსპორტო არეალში პირველ ადგილზე სწორედ ფეროშენადნობებია (2007 წლის მონაცემებით მის წილად მოდის 11,4%). ამჟამინდელი მონაცემებით საქართველო სილიკომანგანუმის წარმოების მოცულობით ბრაზილიას, ესპანეთს, სამხრეთ კორეას, მექსიკასა და ავსტრალიას უტოლდება.

ჭიათურის საბადოს პროგნოზური მარაგი იმის გარანტიია, რომ მანგანუმთან ფეროშენადნობების წარმოება უახლოეს მომავალშიც დარჩება ჩვენი ქვეყნის მრეწველობის განვითარების პრიორიტეტულ მიმართულებად.

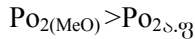
1.ზოგადი მიმოხილვა

- რა პირობაა საჭირო იმისათვის, რომ ოქსიდიდან თერმული დისოციაციით მივიღოთ ლითონი ?

იმისათვის რომ ოქსიდმა თერმული დისოციაცია განიცადოს



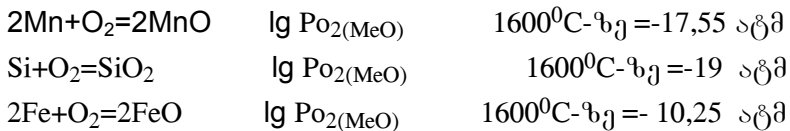
აუცილებელია ჟანგბადის დისოციაციის დრეკადობა $\text{PO}_{2(\text{MeO})}$ აღემატებოდეს ჟანგბადის პარციალურ წნევას აირად ფაზაში (PO_2 ა.ფ.) ე.ი. უნდა შესრულდეს პირობა



- რამდენად შესაძლებელია ამ პირობის დაცვა?

ამ პირობის დაცვა ვაკუუმის ქვეშ გახურების შემთხვევაშიც თითქმის შეუძლებელია, რადგანაც $\text{PO}_{2(\text{MeO})}$ ძალიან მცირე სიდიდეა.

მაგალითად:



- მაშინ რა მეთოდით ღებულობენ ლითონს?

ლითონს ღებულობენ ოქსიდიდან მისი აღდგენით (აღმდგენელის გამოყენებით).

- აგრეგატული მდგომარეობის მიხედვით აღმდგენელი რამდენგვარია?

აგრეგატული მდგომარეობის მიხედვით აღმდგენელი შეიძლება იყოს:

მყარი (C, Si, Al)

თხევადი (მაზუთი)

აირადი (H_2 , CO)

• **აღმდგენელის შერჩევას რა ძირითადი საკითხებია გასათვალისწინებელი?**

აღმდგენელის შერჩევას აუცილებელია პასუხი გაეცეს შემდეგ კითხვებს:

1. შესძლებს თუ არა აღმდგენელი მოცემულ ტემპერატურაზე შესაბამისი ოქსიდის აღდგენას;

2. როგორია აღდგენილი ელემენტის ამოკრეფის ხარისხი;

3. როგორი იქნება აღდგენის სიჩქარე.

• **შეიძლება თუ არა ექსპერიმენტის ჩატარების გარეშე პასუხი გაეცეს ამ კითხვებს?**

ექსპერიმენტის ჩატარების გარეშე თერმოდინამიკური გათვლებით შესაძლებელია 1 და 2 კითხვაზე პასუხის გაცემა. რაც შეეხება მე-3 კითხვას, იგი კინეტიკის სფეროა და აუცილებლად საჭიროებს სპეციალურ ექსპერიმენტულ გამოკვლევებს.

• **როგორ უნდა იქნეს თერმოდინამიკური ანგარიშით განსაზღვრული ოქსიდიდან ელემენტის აღდგენის შესაძლებლობა?**

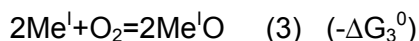
განვიხილოთ რეაქცია



სადაც **Me**- ალსადგენი ელემენტი

Me^I – აღმდგენელია

გამომდინარე იქედან, რომ ნებისმიერი აღდგენითი რეაქცია დაუანგვის რეაქციის პარალელურად მიმდინარეობს, პირველი რეაქცია ორი მარტივი რეაქციის სახით შეიძლება წარმოისახოს:



იმისათვის, რომ პირველი რეაქცია განვითარდეს აუცილებელია აღმდგენელს (**Me^I**) უანგბადთან უფრო მეტი სწრაფვა ახასიათებდეს ვიდრე ალსადგენ ელემენტს (**Me**). ამ სწრაფვის მახასიათებელი თერმოდინამიკური სიდიდეა იზობარულ – იზოთერმული (მუდმივი წნევისა და მუდმივი ტემპერატურის მახასიათებელი) პოტენციალი ΔG^0 (ჯიბსის ენერგია), რომლის სიდიდეც პირდაპირი რეაქციის განვითარებისას უარყოფითია. კერძოდ, რაც უფრო მინიმალურია $-\Delta G$ -ს მნიშვნელობა, (ე.ი. აბსოლუტური სიდიდე რაც უფრო დიდია) მით მეტია აღმდგენელის ან ალსადგენი ელემენტის უანგბადისაკენ სწრაფვა. ე.ი. პირველი რეაქცია რომ წავიდეს აუცილებელია შესრულდეს პირობა

$|\Delta G_3^0| > |\Delta G_2^0|$, წინააღმდეგ შემთხვევაში პირველი რეაქცია ვერ განვითარდება.

- დაწერეთ ΔG^0 -ს ტემპერატურაზე დამოკიდებულების განტოლება.

ჯიბსის ენერჯის ცვლილება ტემპერატურული ფუნქციაა $\Delta G=F(T)$, მას შემდეგი სახე აქვს:

$$\Delta G_T^0 = \Delta H_T^0 - T \Delta S_T^0$$

სადაც ΔH_T^0 - ენთალპიაა, იგივე თბური ეფექტი შებრუნებული ნიშნით ($\Delta H = -Q$),

ΔS_T^0 - ენტროპია, იგივე დაყვანილი სითბო

$S = q/T$, რეაქციის მიმართულების მაჩვენებელი.

- დაწერეთ ენთალპიისა (ΔH) და ენტროპიის (ΔS) ცვლილების ტემპერატურაზე დამოკიდებულების განტოლებები:

$$\Delta H_T^0 = \Delta H_{298} + \int_{298}^T \Delta C_p dT$$

$$\Delta S_T^0 = \Delta S_{298} + \int_{298}^T \Delta C_p / T \cdot dT$$

სადაც ΔH_{298} და ΔS_{298} ენთალპიისა და ენტროპიის ცვლილებაა სტანდარტულ პირობებში

(25°C). ეს სიდიდეები ცხრილშია მოცემული.

ΔC_p სითბოტევადობის ცვლილებაა, თავის მხრივ

$$\Delta C_p = a_0 + a_1 T + a_2 T^2 \dots$$

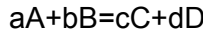
სადაც a_0 , a_1 და a_2 სტექომეტრიული კოეფიციენტებია და ცხრილშია მოცემული.

- რა სიდიდით ხასიათდება ელემენტის ადღგენის ხარისხი?

ელემენტის ადღგენის ხარისხზე შეიძლება ვიმსჯელოთ წონასწორობის მუდმივას მნიშვნელობით, რაც უფრო დიდია წონასწორობის მუდმივა, მით უფრო მაღალია ელემენტის ადღგენის ხარისხი.

- რა არის წონასწორობის მუდმივა და რით შეიძლება გამოისახოს იგი?

წონასწორობის მუდმივა არის მიღებული და აღებული ნივთიერებების წონასწორული კონცენტრაციების ნამრავლის ფარდობა. მაგალითად რეაქციისათვის



წონასწორობის მუდმივა $K = \frac{C_D^d C_C^c}{C_A^a C_B^b}$ C შესაბამისი ნივთიერებების კონცენტრაციებია.

$$C_A^a \cdot C_B^b$$

წონასწორობის მუდმივა შეიძლება კიდევ გამოისახოს აქტიურობით (a) და მოლური წილით

$$K = \frac{a_c a_D}{a_A a_B} \quad K = \frac{N_c N_D}{N_A N_B}$$

- რა შემთხვევაში მყარდება წონასწორობა ?

წონასწორობა მყარდება მაშინ, როდესაც პირდაპირი (V_1) და შებრუნებული (V_2) რეაქციების სიჩქარეები ერთმანეთს უტოლდება ($V_1 = V_2$). წონასწორობისას

ჯიბსის ენერჯიეს ცვლილება არის მინიმალური, ხოლო ენტროპიის სიდიდე მაქსიმალური.

• რა დამოკიდებულებაა ჯიბსის ენერჯიასა და წონასწორობის მუდმივას შორის?

ამ დამოკიდებულებას შემდეგი სახე აქვს:

$$\lg K = -\Delta G^0 / 4,57T$$

• რაში მდგომარეობს ლე-შატელიეს პრინციპი?

ლე-შატელიეს პრინციპი, ანუ მოძრავი წონასწორობის პრინციპი შემდეგნაირად შეიძლება ჩამოყალიბდეს, თუ სისტემაზე, რომელიც მდგრად წონასწორულ მდგომარეობაში იმყოფება, ვიმოქმედებთ გარედან და შევცვლით რაიმე ფაქტორს, რომელიც მის წონასწორულ მდგომარეობას განსაზღვრავს, მაშინ წონასწორობა შეიცვლება იმ მიმართულებით, რასაც შედეგად ამ ქმედების ეფექტის შემცირება მოყვება. ამიტომაცაა რომ ეგზოთერმული რეაქცია უკეთ მიმდინარეობს დაბალ ტემპერატურაზე, ხოლო ენდოთერმული კი მაღალ ტემპერატურაზე.

• ჯიბსის განტოლების მიხედვით ქიმიური რეაქციები რამდენ ტიპად შეიძლება დაიყოს? დაახასიათედ თითოეული.

თუ პირდაპირი რეაქცია ენდოთერმულია ე.ი. $\Delta H > 0$ -ზე $=A$, $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ გამოსახულებიდან გამომდინარე $\Delta S > 0$ -ზე $=B$, მაშინ ჯიბსის ენერჯიის ცვლილების გამოსახულება შემდეგ სახეს მიიღებს: $\Delta G = A - BT$

ანალოგიურად, თუ რეაქცია ეგზოთერმულია $\Delta H < 0$ -ზე $= -A$ და $\Delta S < 0$ -ზე $= -B$, მაშინ

$$\Delta G = -A + BT.$$

იმისდამხედვით, თუ როგორი სახე აქვს ჯიბის განტოლებას ქიმიური რეაქციები ოთხ ტიპად იყოფა:

I ტიპი. $\Delta G = A + BT$ ე.ი. რეაქცია ენდოთერმულია ($\Delta H > 0$) და $\Delta S < 0$. განტოლებიდან გამომდინარე $\Delta G > 0$ -ზე და $K_p < 1$ -ზე. ე.ი. რეაქცია მიმდინარეობს მარჯვნიდან მარცხნივ და ტემპერატურის გაზრდა ხელს არ უწყობს პირდაპირი რეაქციის მიმდინარეობას, ამასთან წონასწორობის მუდმივას სიდიდე იზრდება.

II ტიპი. $\Delta G = A - BT$ ე.ი. რეაქცია ენდოთერმულია ($\Delta H > 0$ -ზე) და $\Delta S > 0$ -ზე. ამ შემთხვევაში ტემპერატურის გაზრდით იზრდება ΔG -ს უარყოფითი მნიშვნელობა ე.ი. უმჯობესდება რეაქციის მიმდინარეობის პირობები, თუმცა K_p მცირდება.

III ტიპი. $\Delta G = -A + BT$ ე.ი. რეაქცია ეგზოთერმულია ($\Delta H < 0$ -ზე) და $\Delta S < 0$ -ზე. განტოლებიდან გამომდინარე, ტემპერატურის გაზრდა ხელს არ უწყობს რეაქციის მიმდინარეონას, მაგრამ ამცირებს K_p -ს.

IV ტიპი. $\Delta G = -A - BT$ ე.ი. რეაქცია ეგზოთერმულია ($\Delta H < 0$ -ზე) და $\Delta S > 0$ -ზე, რაც იმაზე მიუთითებს, რომ $K_p > 1$ -ზე და ტემპერატურის გაზრდა ხელს უწყობს რეაქციის მიმდინარეობას და ამცირებს K_p სიდიდეს.

- **რა არის ფეროშენადნობები?**

ფეროშენადნობები არის რკინის შენადნობები სხვადასხვა ელემენტებთან: სილიციუმთან, მანგანუმთან, ქრომთან, ვოლფრამთან და ა.შ. მათ შესაბამისად უწოდებენ: ფეროსილიციუმს, ფერომანგანუმს, ფეროქრომს, ფეროვოლფრამს, და ა.შ. ფეროშენადნობები ზოგჯერ კომპლექსური შენადნობების სახითაცაა წარმოდგენილი: ფეროსილიკომანგანუმი (სილიკომანგანუმი), ფეროსილიკოქრომი (სილიკოქრომი) და ა.შ. ფერომანგანუმს ფოლადის მარილსა და წიწაკას უწოდებენ.

- **რომელი შენადნობები მოიაზრება კიდევ ფეროშენადნობებში?**

ფეროშენადნობების რიცხვს მიეკუთვნება დაბალრკინა-შემცველი შენადნობებიც: კრისტალური სილიციუმი, რომელშიც რკინის შემცველობა 1,5%-ს არ აღემატება, ლითონური მანგანუმი (რკინის შემცველობა არაუმეტეს 3%), ლითონური ქრომი, სილიკოკალციუმი, სილიკოალუმინი და ა.შ.

- **ჩამოვთვალოთ ფეროშენადნობებში ის ძირითადი ელემენტები, რომლებიც რკინასთან ერთად განსაზღვრავენ შენადნობების ხარისხს, დანიშნულებას და მასალების ხარჯს ერთ ტონა შენადნობებზე.**

ეს ელემენტებია: სილიციუმი, ქრომი და მანგანუმი.

- **ჩამოვთვალოთ ფეროშენადნობების მიღების მეთოდები.**

ცნობილია ფეროშენადნობების მიღების შემდეგი მეთოდები:

1. ელექტროთერმული მეთოდი (ნახშირბადადღგენითი და სილიკოთერმული), რომლის დროსაც სითბოს წყაროა ელექტროენერგია.

2. მეტალოთერმული პროცესი. ეს პროცესი მიმდინარეობს გარედან სითბოს მიწოდების გარეშე. საჭირო სითბო გამოიყოფა ეგზოთერმული რეაქციით.

3. ელექტროლიტური მეთოდი. ელემენტების აღდგენა ხორციელდება ელექტროდენის საშუალებით შესაბამისი ოქსიდების (Mn.Cr) გოგირდმჟავა მარილის ხსნარებიდან

4. ბრძმედის ღუმელში გამოდნობა. ამ მეთოდით შესაძლებელია ნახშირბადიანი ფერომანგანუმისა და მცირე სილიციუმშემცველი ფეროსილიციუმისა და სილიკომანგანუმის გამოდნობა (9-14% Si)

• ფეროშენადნობების მიღების რომელი მეთოდია ყველაზე მეტად გავრცელებული?

ფეროშენადნობების მიღების ყველაზე გავრცელებული ელექტროთერმული მეთოდია. ამიტომაცაა, რომ სხვადასხვა სახის ფეროშენადნობების მიღება უმეტეს წილად ელექტროლუმელებში ხდება.

• ფეროშენადნობების მიღების ელექტრო და მეტალოთერმული მეთოდები აღმდგენელის სახეობის მიხედვით რა პროცესებად შეიძლება დაიყოს?

აღმდგენელის მიხედვით ფეროშენადნობების მიღების პროცესი შეიძლება იყოს:

1. ნახშირბადადღმდგენითი, რომლის დროსაც აღმდგენელად გამოიყენება ნახშირბადი (კოქსწვრილა, ანტრაციტი და ა.შ.). ეს ყველაზე იაფი აღმდგენელია.

2. სილიკოთერმული, რომლის დროსაც აღმდგენელად გამოიყენება სილიციუმი (სილიკომანგანუმი, სილიკოქრომი, ფეროსილიციუმი). ეს აღმდგენელი ნახშირბადადღმდგენელზე უფრო ძვირია.

3. ალუმინოთერმული, რომლის დროსაც აღმდგენელად გამოიყენებულა ალუმინი. ეს ყველაზე ძვირი აღმდგენელია.

• რა თვისება ახასიათებს ალუმინო და სილიკოთერმულ პროცესებს ნახშირბადადღმდგენით პროცესებთან შედარებით?

სილიკო და ალუმინოთერმით შესაძლებელია უნახშირბადო (ან მცირე ნახშირბადიანი) მარკის ფეროშენადნობების გამოდნობა.

• კაზმში ფლუსის (კირი, კირქვა და ა.შ.) გამოყენების მიხედვით ფეროშენადნობების მიღების პროცესი რამდენ გვარია?

თუ კი ფეროშენადნობთა გამოდნობის პროცესი კაზმში ფლუსის დამატებას არ ითვალისწინებს, პროცესს უფლუსო ეწოდება, ხოლო თუ ფლუსის გამოყენებას საჭიროებს, პროცესს ფლუსიანი ჰქვია. ბუნებრივია პირველი გაცილებით მარტივი და იაფია.

• წარმოქმნილი წილის რაოდენობის მიხედვით ფეროშენადნობების გამოდნობის პროცესი რამდენგვარია?

ფეროშენადნობების გამოდნობისას ყოველთვის წარმოიქმნება გარკვეული რაოდენობის წილა. თუ წილა იმდენად მცირეა, რომ ღუმელიდან გამოშვებისას წილისთვის საჭირო არ ხდება სპეციალური ციციხვის გამოყენება, მაშინ ასეთ პროცესს პირობითად უწოდოს უწოდებენ (ფეროსილიციუმის წარმოება და სხვ.), წინააღმდეგ შემთხვევაში პროცესი წილიანია.

• პერიოდულობის მიხედვით ფეროშენადნობების წარმოების პროცესი რამდენგვარი შეიძლება იყოს?

ფეროშენადნობების წარმოების პროცესი შეიძლება იყოს:

1. უწყვეტი, ამ შემთხვევაში ღუმელის გამორთვა არ ხდება და ღუმელის საკერძეს განუწყვეტლივ მიეწოდება საკაზმე მასალები. ლითონისა და წილის გამოშვება კი პერიოდულად ხორციელდება.

2. წყვეტილი, ამ შემთხვევაში ღუმელს მთლიანად მიეწოდება კაზმი. გადნობისა და ჟანგვა-აღდგენითი პროცესების წარმართვის შემდეგ ღუმელს გამორთავენ და მისგან მთლიანად ახდენენ ლითონისა და წილის გამოშვებას.

• სად გამოიყენება ფეროშენადნობები?

ფეროშენადნობები ძირითადად გამოიყენება შავ მეტალურგიაში, ფოლადის განჟანგვის და ლეგირებისათვის. მცირე რაოდენობით იყენებენ ფერად მეტალურგიასა და ქიმიურ წარმოებაში.

- **რას ნიშნავს ფოლადის განჯანგვა და ლეგირება?**

განჯანგვა გულისხმობს თხიერი ფოლადიდან ჟანგბადის მოშორების პროცესს, ლეგირება კი ფოლადისათვის განსაკუთრებული თვისებების მინიჭებას (ცვეთამდეგობა, მხურვალმდეგობა, უჟანგაობა და ა.შ.)

- **რა თვისებას ანიჭებს ჟანგბადი ფოლადს?**

ჟანგბადი ფოლადს ანიჭებს ცხელტეხადობას (გოგირდის მსგავსად). ვინაიდან ჟანგბადი რკინასთან წარმოქმნის დაბალტემპერატურის მქონე ნაერთს (ვეტექტიკური ნაერთი), თერმული დამუშავების პროცესში ეს ნაერთი დნება და სხმულში წარმოიქმნება ბზარები.

- **რა რაოდენობის ფეროშენადნობები იხარჯება ერთ ტონა ფოლადზე?**

ფეროშენადნობთა ხარჯი ერთ ტონა ფოლადზე საშუალოდ 7-9კგ-ს შეადგენს.

- **რას ეწოდება ელექტროთერმული პროცესი?**

ყველა იმ პროცესს, სადაც ელექტროენერგია თბურ ენერგიად გარდაიქმნა ელექტროთერმული პროცესი ეწოდება.

- **სად მიმდინარეობს ელექტროთერმული პროცესები?**

ელექტროთერმული პროცესები შეიძლება განხორციელდეს ელ.დუმელებსა და იმ დანადგარებში, სადაც გამოყენებულია სხვადასხვა სახის ელექტრომახურებლები: რკალური, ინდუქციური, ელექტროწინაღობისა და

დიველქტრიკული. ელექტროთერმული პროცესები მიმდინარეობს აგრეთვე ვაკუუმურ-რკალურ, ელექტრონულ და პლაზმურ მასურებლებში, ასევე ელექტროწიდურ და ვაკუუმურ-რკალური გადადნობისას.

• **ელექტროენერჯის თბურ ენერჯიად გარდაქმნის მიხედვით ელ.ღუმელები რამდენ ჯგუფად იყოფა?**

ელექტროენერჯის თბურ ენერჯიად გარდაქმნის მიხედვით ელ. ღუმელები შემდეგ ჯგუფად იყოფა:

1. რკალური ღუმელი, სადაც ელ.ენერჯის თბურ ენერჯიად გარდაქმნა ხდება რკალის მეშვეობით;

2. წინაღობის ღუმელი, სადაც ელ.ენერჯის თბურ ენერჯიად გარდაქმნა ხდება კაზმში ან სხვა გამტარში დენის გატარებით;

3. კომბინირებული ღუმელი, სადაც ელ.ენერჯის თბურ ენერჯიად გარდაქმნა ხდება რკალით და კაზმში დენის გატარებით.

4. ინდუქციური ღუმელი, სადაც ლითონური კაზმის გახურება ხდება ელექტრომაგნიტური ინდუქციური დენით.

5. პლაზმური ღუმელი, სადაც კაზმი ხურდება და დნება პლაზმური გამოსხივებით.

6. ელექტრონულ-სხივური ღუმელი, სადაც გახურება და ლითონის გადნობა მიმდინარეობს მაღალი სიმძლავრის ელექტრონული ნაკადით (კონით).

• **დანიშნულების მიხედვით ფეროშენადნობის ღუმელი რამდენგვარია? დაახასიათედ თითოეული მათგანი.**

ფეროშენადნობების ღუმელი დანიშნულების მიხედვით არის აღმდგენითი და სარაფინაციო.

აღმდგენით ღუმელში აღმდგენელად გამოყენებულია ნახშირბადი და რიგორც წესი გამოდნობის პროცესი არის უწყვეტი (ფეროსილიციუმი, სილიკოკალციუმი, კალციუმის კარბიდი, ნახშ. ფეროქრომი, ნახშ. ფერომან-განუმი, სილიკოქრომი, სილიკომანგანუმი და სხვა).

სარაფინაციო ღუმელში აღმდგენელად გამოიყენება სილიციუმი ან ალუმინი, პროცესი არის წყვეტილი და ემყარება კაზმის მთლიან გადნობასა და ლითონისა და წიღის პერიოდულ გამოშვებას (უნახშირბადო და საშ. ნახშ.: ფეროქრომი, ფერომანგანუმი, ფეროვოლფრამი, ფეროვანადიუმი და სხვა). სარაფინაციო ღუმელებში სითბოს დამატებითი წყაროა სილიციუმისა და ალუმინის დაჟანგვით გამოყოფილი სითბო.

• კონსტრუქციის მიხედვით რამდენგვარია ფეროშენადნობის ღუმელი?

კონსტრუქციის მიხედვით ფეროშენადნობის ღუმელი შეიძლება იყოს: ღია, დახურული და მბრუნავი.

ღუმელის კონსტრუქციაში შედის:

1. გარცმი;
2. თალი;
3. ელექტროდის დამჭერი;
4. გადამტანი ცილინდრი;
5. ელექტროდების გადაასადგილებელი მექანიზმი;
6. ღუმელის წყალგამაციებელი სისტემა;
7. ჩამტვირთავი მოწყობილობა;

8. საინტილაციო მოწყობილობა;
9. ღარის მომსახურე მოწყობილობა;
10. აბაზანის მაბრუნი მექანიზმი.

• რა მასალისაგან მზადდება ფეროშენადნობის ღუმელის ამონაგი?

ფეროშენადნობის ღუმელის ამონაგის ნაირსახეობა, დამოკიდებულია გამოსადნობი შენადნობის სახეობასა და ხარისხზე. ფეროშენადნობის ღუმელის ზედა სარტყელი უმეტეს შემთხვევაში ამოგებულია შამოტის აგურით, ფეროქრომისა და მცირენახშირბადიანი ფერომანგანუმის გამოსადნობი ღუმელის კედლის ქვედა ნაწილი და ქვედი მაგნეზიტის აგურით, ხოლო სილიციუმიანი ფეროშენადნობების (ფეროსილიციუმი, სილიკოქრომი, სილიკომანგანუმი) გამოსადნობი ღუმელის ქვედა სარტყელი და ქვედი ნახშირის ბლოკებით.

• რა თანმიმდევრობით ხდება ფეროსილიციუმის გამოსადნობი ღუმელის ამოგება?

ფეროსილიციუმის გამოსადნობი ღუმელის ამოგება ხდება შემდეგნაირად:

გარკმზე აგებენ 10 მმ სისქის აზბესტის ფურცელს, რომელსაც 60 მმ სისქეზე აყრიან შამოტის ფხენილს. შემდეგ 8-11 რიგად ალაგებენ შამოტის აგურს, ისე რომ ზედა წყობურის აგურებმა გადახუროს ქვედა წყობურის ღრეჩოები. შამოტის აგურებს ზემოდან ავსებენ 10 მმ სისქის თხევად მინაში არეული გრაფიტის მასით და აწყობენ ნახშირის ბლოკებს (550 X 550 X 1400 მმ), ისე

რომ ჰორიზონტალური ნაკერები პრაქტიკულად აღარ შეიმჩნეოდეს. ამასთან ბლოკებს შორის ვერტიკალურ ნაკერებს შორის მანძილი 50 მმ-ს არ უნდა აღემატებოდეს. ამ ნაკერებს ავსებენ და ტკეპნიან არაუმეტეს 6-7% აქროლადის მქონე ელექტროდების გახურებული მასით. ბლოკების პირველ ფენაზე ეწეობა მეორე, ისე რომ გადაიკეტოს პირველი ფენის ნაკერები. ზედა ფენის ბლოკების ნაკერებსა და ღრეჩოებს კვლავ ავსებენ და ტკეპნიან ელექტროდის მასით.

ქვედის დამთავრების შემდეგ იწყება კედლების ამოგება ჯერ ნახშირის ბლოკებით (1300 მმ სიმაღლემდე), ხოლო შემდეგ შამოტისა და თიხამიწის ხსნარზე დალაგებული შამოტის აგურით (650 მმ სიმაღლემდე).

• როგორ იანგარიშება სასარგებლო ფაზური დატვირთვა ($U_{ს.ფ. ე}$)?

სასარგებლო ფაზური დატვირთვა

$$U_{ს.ფ.} = C \cdot P^n_{ს.ს.}, \text{ სადა } C$$

$P_{ს.ს.}$ სასარგებლო სიმძლავრეა – კვტ.

C – პროპორციულობის კოეფიციენტი.

ფეროსილიციუმისთვის $C=3,4$, ხოლო $n=0,33$, სხვა ფეროშენადნობებისთვის კი როცა $n=0,25$

სილიკომანგანუმისთვის $C=6$;

ნახშირ.ფეროქრომისთვის $C=8$;

ნახშირ.ფერომანგანუმისთვის $C=5,5$;

სილიკომანგანუმისთვის $C=6$.

• როგორ იანგარიშება ელექტრული პარამეტრები?

ელექტრული პარამეტრები შეიძლება შემდეგი დამოკიდებულებიდან განისაზღვროს:

$$U = \frac{U_{\text{ს.ფ.}} \cdot \sqrt{3}}{\cos\varphi \cdot K} ; \quad J = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U} ;$$

სადაც

P – ღუმელის ნომინალური სიმძლავრეა, კვა;

J – დენის ძალა, ა;

U – ძაბვა ტრანსფორმატორის გამომყვანზე,

K – ღუმელის ელექტრული მარგი ქმედების კოეფიციენტი:

$\cos\varphi$ – ღუმელის მოწყობილობის სიმძლავრის კოეფიციენტი.

• რა საშუალებით ხდება ღუმელში სხვადასხვა თბური რეჟიმის უზრუნველყოფა?

ღუმელში სასურველი თბური რეჟ რეგულირდება მრავალსაფეხურიანი ძაბვის ტრანსფორმატორით, რომელსაც მკვებავი ძაბვა რამდენიმე ათასი ვოლტიდან 90–370 ვოლტამდე დაჰყავს.

• როგორ იანგარიშება ელექტრული მარგი ქმედების კოეფიციენტი $K_{ელ.}$?

$$K_{ელ.} = \frac{P_{\text{სს.}}}{P_{\text{ექ.}}}$$

სადაც

$P_{\text{სს.}}$. — ღუმელის სასარგებლო სიმძლავრეა

$P_{აქტ.}$ — აქტიური სიმძლავრე.

• რა ფორმულით განისაზღვრება ტრანსფორმატორის საჭირო სიმძლავრე?

ტრანსფორმატორის საჭირო სიმძლავრე

$$P = \frac{G_{ცვ.} \cdot W}{24 \cdot \cos\varphi \cdot K}$$

სადაც

$G_{ცვ.}$ – ღუმელის მოცემული წარმადობაა (ცვლაში);

W – ელექტროენერგიის ხვედრითი ხარჯი, კვტ. სთ/ტ;

$\cos\varphi$ – ღუმელის სიმძლავრის კოეფიციენტი, რომელიც მაღალი სიმძლავრის ღუმელებისათვის 0,85 – 0,87-ის ტოლია, ხოლო სარაფინაციო ღუმელისათვის კი 0,93 – 0,96-ის;

K – ღუმელის სიმძლავრის გამოყენების კოეფიციენტი, რომელიც მაღალი სიმძლავრის უწყვეტი პროცესით მომუშავე ღუმელებისთვის 0,97 – 0,98-ს აღწევს, ხოლო პერიოდული და ღია რკალით მომუშავე ღუმელებისთვის კი 0,75 – 0,90 ინტერვალში იცვლება.

• როგორია ფეროშენადნობების ღუმელების ძირითადი პარამეტრები?

ფეროშენადნობების ღუმელების ძირითადი პარამეტრებია:

| პარამეტრი | ღუმელის სახეობა | | | | | | |
|-----------|-----------------|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| | | | | | | | |

| | PKO 2,5 | PKO 3,5 | PKO 10,5 | PKO - 16,5; PK3 – 16,5 | PK3 24 | PK3 33 | ПП3 48 |
|---|---------------|---------------|-------------|---------------------------------|-------------|-------------|-----------------|
| სიმძლავრე, კვა | 2500 | 3500 | 10500 | 16500 | 24000 | 33000 | 48000 |
| მეორადი ძაბვა, ვ | 178-89 | 371- 260 | 250- 100 | 210-132 | 245- 155 | 250- 130 | 238,5- 137,0 |
| მაქსიმალური დენის ძალა ელექტროდზე, კა | 13,0 | 13,0 | 38,4 | 59,0 | 71,0 | 87,0 | 111,8 |
| ელექტროდების დიამეტრი, მმ | 300- 450 | 300- 450 | 800 | 1200 | 1200 | 1500 | 2800 X 650 |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| ელექტროდებს შორის მანძილი, მმ | 1200- 1400 | 1200- 1400 | | 2900 | 3400 | 4000 | 3300 |
| ელექტროდის მაქსიმალური გადაადგილება, მმ | 2350 | 2350 | | 1200 | 1500 | 1600 | 1200 |
| აბაზანის დიამეტრი, მმ | 2700 | 2700 | 4000 | 6200/67 00 | 7200 | 8700 | 20340X 6000 |
| აბაზანის სიღრმე, მმ | 1200 | 1300 | 1700 | 2300 | 2600 | 3000 | 2850 |
| გარცემის დიამეტრი, მმ | 4300 | 5000 | 6200 | 7800/83 00 | 8900 | 10500 | 7800 |
| დახრის კუთხე ჩამოსხმის მხარეს, გრადუსი | 30 | 30 | 30 | --- | --- | --- | --- |

P- ნიშნავს მადანთერმულს,

O - ღიას,

K – მრგვალს,

3 – დახურულს,

ასოების შემდგომი ციფრები მვა-ს მიუთითებს.

- **რას ეწოდება მოკლე ქსელი?**

მოკლე ქსელი ეწოდება მანძილს ტრანსფორმატორის მეორადი გრაგნილიდან ელექტროდების ჩათვლით.

- **ელ.ენერგიის რა რაოდენობა იკარგება მოკლე ქსელში?**

მძლავრი ფეროშენადნობების ღუმელისათვის ელ. ენერგიის დანაკარგი მოკლე ქსელში საშუალოდ 35%-ს (მთლიანი დანაკარგის) შეადგენს, ანუ მიწოდებული სიმძლავრის 7-15%-ს.

- **რა დანიშნულება აქვს ელექტროდს რკალურ ელ.ღუმელში?**

ელექტროდების საშუალებით დენი მიეწოდება ღუმელის სამუშაო სივრცეს.

- **რა პირობებს უნდა აკმაყოფილებდეს ელექტროდი?**

ღუმელის ნორმალური მუშაობის უზრუნველსაყოფად ელექტროდი უნდა ხასიათდებოდეს მაღალი მექანიკური სიმტკიცით, ელ. გამტარობით, თერმული მდგრადობით, ასევე მაღალ ტემპერატურაზე ჰაერზე დაჯანგვის წინააღმდეგობის გაწევის უნარით.

- **რა სახის ელექტროდები გამოიყენება რკალურ ღუმელებში?**

რკალურ ღუმელში გამოიყენება გრაფიტის, ნახშირისა და თვითცხობადი ელექტროდები. ფიზიკური თვისებით ყველაზე უკეთესია გრაფიტის ელექტროდები.

- **ფეროშენადნობების წარმოებაში ძირითადად რა სახის ელექტროდები გამოიყენება?**

ფეროშენადნობთა წარმოებაში ძირითადად გამოიყენება თვითცხობადი ელექტროდები, რომლებიც გაცილებით იაფია გრაფიტისა და ნახშირის ელექტროდზე.

- **რისგან შედგება თვითცხობადი ელექტროდი?**

თვითცხობადი ელექტროდი შედგება ლითონის გარცმისა (ცილინდრისა) და ელექტროდების დატკეპნილი მასისგან.

- **როგორი შედგენილობისაა თვითცხობადი ელექტროდების მასა?**

თვითცხობადი ელექტროდის მასის მისაღებად საჭიროა:

| კაზმის კომპონენტი | მარცვლის ზომა, მმ | ელექტროდის დიამეტრი, მმ | | |
|-------------------|-------------------|-------------------------|-------|--------|
| | | ≤ 500 | ≤ 750 | ≤ 1000 |
| თერმონანტრაციტი | 10-60 | — | — | 35 |
| ანტრაციტი | 3,5-8 | — | — | — |
| | 0-10 | 50 | 60 | 30 |

| | | | | |
|------------------|-------|----|----|----|
| საჩამოსხმო კოქსი | 0,5-3 | 29 | 20 | — |
| | 0-10 | — | — | 16 |
| ფისი | — | 21 | 20 | 19 |

• რა უდევს საფუძვლად ფეროშენადნობის ღუმელის ელექტროდის დიამეტრის შერჩევას? მოიყვანეთ მაგალითი.

ფეროშენადნობის ღუმელის ელექტროდის დიამეტრის განსაზღვრა ხდება დენის დასაშვები სიმძლავრის გათვალისწინებით (j). თვითცხოვრადი ელექტროდებისთვის დენის სიმკვრივე 4-7 ა/სმ² ზღვრებში იცვლება. მაგ: 13500 კვა სიმძლავრის სამფაზიანი ღუმელისათვის, როცა მინიმალური ხაზური ძაბვა (U_ხ) 176,5 ვ-ის ტოლია, ხაზური დენის ძალა იქნება

$$J_b = \frac{P \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U_b} = \frac{13500 \cdot 1000}{1,73 \cdot 176,5} = 44300 \text{ A}$$

როცა დენის სიმკვრივე j=5 ა/სმ² –ს შეადგენს, ელექტროდის დიამეტრი შემდეგი დამოკიდებულებიდან განისაზღვრება:

$$d_{\text{გლ}} = \sqrt{(4 \cdot J_b) / \sqrt{(\Pi \cdot j)}} = 106 \text{ სმ} \approx 1100 \text{ მმ}$$

- რა მაჩვენებელი უდევს საფუძვლად ცილინდრულ და სწორკუთხა ფორმის ღუმელებში ელექტროდების განლაგებას?

ცილინდრული ფორმის ღუმელში ელექტროდების განლაგება ხდება ელექტროდის გაშლის დიამეტრის გათვალისწინებით, ხოლო სწორკუთხა ღუმელში უახლეს ელექტროდების ცენტრებს შორის მანძილის შესაბამისად.

- როგორ განისაზღვრება ცილინდრული ფორმის ღუმელში ელექტროდების გაშლის დიამეტრი?

ელექტროდების გაშლის დიამეტრსა და ელექტროდების დიამეტრს შორის თანაფარდობა 2–3 ზღვრებში უნდა იცვლებოდეს. ახალი ღუმელებისათვის ელექტროდების გაშლის სიდიდეს ასევე განსაზღვრავენ კარგად მომუშავე ღუმელის ხევედრითი სიმძლავრით;

$$P_{\text{ბგ}} = P/S,$$

სადაც

S – იმ წრის ფართობია, რომლის დიამეტრიც ელექტროდების გაშლის დიამეტრის ტოლია;

P – ღუმელის სიმძლავრეა.

რამდენადაც $S = \Pi d^2/4$, ამდენად გაშლის დიამეტრი $d_{\text{გდ}} = \sqrt{4P/P_{\text{ბგ}}}$

- ელექტროდების გაშლის დიამეტრის გაზრდისას რას უნდა მიექცეს განსაკუთრებული ყურადღება?

ელექტროდების გაშლის დიამეტრის გაზრდისას საჭიროა გაკონტროლდეს მანძილი ელექტროდსა და ამონაგს შორის, რომელიც დიდი სიმძლავრის ღუმელებში უწილო პროცესით მუშაობისას უნდა შეადგენდეს ელექტროდის დიამეტრის არანაკლებ 80%-ს $[(a \geq 0,8 - 1,0)d_{ელ.}]$, ხოლო წიდური პროცესისას კი არანაკლებ 95%-ს $[a \geq (0,95 - 1,35)d_{ელ.}]$.

• რა დამოკიდებულებაშია აბაზანის დიამეტრი ელექტროდების გაშლის დიამეტრთან?

აბაზანის დიამეტრის შეფარდება ელექტროდების გაშლის დიამეტრთან საშუალოდ 1,8–2,3-ს შეადგენს (მასში იგულისხმება ელექტროდსა და ამონაგს შორის მანძილიც).

აბაზანის დიამეტრი შემდეგი დამოკიდებულებიდან შეიძლება განისაზღვროს:

$$d_{აბ} = d_{გ.დ} + d_{ელ.}(1+2K), \quad K = \frac{d}{d_{ელ.}}$$

სადაც

$d_{გ.დ}$ – გაშლის დიამეტრია;

$d_{ელ.}$ – ელექტროდის დიამეტრი.

2. მანგანუმთან დაკავშირებული პრობლემები

- **რა თვისებებს ანიჭებს მანგანუმი ფოლადს?**

მანგანუმი ფოლადს ანიჭებს ცვეთამდებლობას.

- **რამდენია მანგანუმის მადნის მსოფლიო მარაგი?**

მანგანუმის მადნის სამრეწველო მარაგი მსოფლიოში დაახლოებით 7018 მლნ ტონას შეადგენს, რომლის 57% სამხრეთ აფრიკაშია თავმოყრილი, 21% უკრაინაში, 7% გაბონში, 4% ავსტრალიაში, ხოლო დარჩენილი 11% სხვადასხვა ქვეყანებშია გაბნეული. მანგანუმის მნიშვნელობანი მარაგი რკინა-მანგანუმის „კონკრეციის“ სახით ოკეანის ფსკერზე გვხვდება, რომელიც ფერად ლითონებსაც შეიცავს (Cu, Ni, Co, Mo და სხვა).

- **საქართველოში მანგანუმის რამდენი საბადოა გამოვლენილი და მათ შორის რამდენია სამრეწველო მნიშვნელობის?**

საქართველოში მანგანუმის 14 საბადოა გამოვლენილი, რომელთა შორის სამრეწველო მნიშვნელობის მხოლოდ ჭიათურის საბადოა.

- **რამდენია ჭიათურის საბადოში მანგანუმის მადნის მარაგი?**

ჭიათურის საბადოში მანგანუმის მადნის მარაგი 212 მლნ ტონას შეადგენს (1990 წლის მონაცემებით), რაც ყოფილ საბჭოთა კავშირის ქვეყნებში არსებული მარაგის 8,9%-ს შეადგენს

- **რა ტიპის მადნებისგან შედგება ჭიათურის საბადო?**

ჭიათურის საბადო წარმოდგენილია კარბონატული (მარაგის 47%), ოქსიდური (25%), დაქანგული (15%) და შერეული (13%) მადნებით.

- **რა ძირითადი მინერალების სახითაა გავრცელებული მანგანუმი მადნებში?**

მანგანუმი მადნებში ძირითადად წარმოდგენილია პიროლუზიტის (MnO_2), ბრაუნიტი (Mn_2O_3), ჰაუსმანიტის (Mn_3O_4), მანგანიტის ($MnO_2 \cdot Mn(OH)_2$), ფსილომელანის ($MnO \cdot MnO_2 \cdot nH_2O$), მანგანოკალციტის $(Mn, Ca)CO_3$, როდოქროზიტის ($Mn CO_3$), როდონიტის ($MnO \cdot SiO_2$) და სხვა.

- **რა არის მადანი?**

მადანი არის ის სასარგებლო წიაღისეული, რომლიდანაც სასურველი ელემენტის ამოკრეფა ეკონომიკურად გამართლებულია.

- **ჩამოთვალეთ მანგანუმის მადნების გამდიდრების მეთოდები და უჩვენეთ რა პრინციპს ემყარება თითოეული მათგანი.**

ცნობილია მანგანუმის მადნის გამდიდრების შემდეგი მეთოდები:

1. გრავიტაციული გამდიდრების მეთოდი. იგი ითვალისწინებს სიმკვრივის სხვადასხვაობას მინერალებს შორის. ეს მეთოდი მანგანუმის მადნების გამდიდრების ყველაზე გავრცელებული მეთოდია. გრავიტაციული

გამდიდრების პროცესს უმეტეს შემთხვევაში წყალში ატარებენ, თუმცა ზოგ შემთხვევაში მძიმე სითხეებიც (სუსპენზია) შეიძლება იქნეს გამოყენებული.

2. ფლოტაციური მეთოდი. აღნიშნული მეთოდით მხოლოდ წვრილფრაქციული მასალების (1-0 მმ) გამდიდრებას ახდენენ სპეციალური რეაგენტების გამოყენებით. ფლოტაციური გამდიდრების მეთოდი წვრილფრაქციული ნაწილაკების ზედაპირული დაჭიმულობის სხვადასხვა მნიშვნელობის გამოყენების პრინციპს ემყარება.

3. მაგნიტური სეპარაცია. ამ მეთოდს მანგანუმის კარბონატული მადნების გასამდიდრებლად იყენებენ. გამდიდრების ეს მეთოდი მაგნიტურ ველში მიმდინარეობს და მინერალების მაგნიტური თვისებების სხვადასხვა უნარს ემყარება

• რა პროდუქტები მიიღება მანგანუმის მადნების გამდიდრებით?

გამდიდრებით მიიღება მანგანუმით მდიდარი ნაწილი, რომელსაც კონცენტრატი ეწოდება და ღარიბი ნაწილი, რომელსაც კული ჰქვია.

• რა მაჩვენებლებით შეიძლება შეფასდეს მადნების გამდიდრების ტექნოლოგია?

მადნის გამდიდრების ტექნოლოგია შეიძლება შეფასდეს კონცენტრატის გამოსავლითა (Y) და მანგანუმის ამოკრეფით (E).

- აჩვენეთ კონცენტრატის გამოსავალსა და ამოკრეფას შორის ურთიერთ დამოკიდებულების განტოლება.

$$\varepsilon = Y \frac{\beta}{\alpha} \quad (\%) \qquad Y = \frac{\alpha - \theta}{\beta - \theta} \cdot 100\%$$

სადაც

Y - გამოსავალია, %

ε - ამოკრეფა, %

β - კონცენტრატში ელემენტის შემცველობა, %

α - მადანში ელემენტის შემცველობა, %

θ - კულში ელემენტის შემცველობა, %

- როგორია „ჭიათურმანგანუმის“ ფაბრიკებში კონცენტრატების გამოსავალი და რა ხარისხის კონცენტრანტებს აწარმოებენ?

კონცენტრატების გამოსავალი „ჭიათურმანგანუმის“ პირობებში 25%-ს აღწევს. აწარმოებენ ოთხი სახის კონცენტრატს:

I ს. Mn>48,0%, SiO₂≈10-12%, CaO≈2,5%, P≈0,19%

II ს. Mn 42-47,9%, SiO₂≈14%, CaO≈2,5%, P≈0,19%

III ს. Mn 35-41,9%, SiO₂≈18%, CaO≈3%, P≈0,19%

IV ს. Mn<35%, SiO₂≈22%, CaO≈6%, P≈0,19%

- რა გრანულომეტრიული შედგენილობის კონცენტრატებს აწარმოებენ „ჭიათურმანგანუმის“ ფაბრიკებში?

მანგანუმის მადნების გამდიდრების ამჟამინდელი ტექნოლოგიის მიხედვით, „ჭიათურმანგანუმის“ ფაბრიკებში მიღებული კონცენტრატების გრანულომეტრიული შედგენილობაა 10-0 მმ.

• რა მაჩვენებლებით ახდენენ მანგანუმის კონცენტრატების შეფასებას?

მანგანუმის კონცენტრატები შეიძლება შეფასდეს:

მანგანუმის შემცველობით;

ფოსფორის მოდულის მნიშვნელობით (**%P/ Mn%**)

კაემიწის მოდულის მნიშვნელობით (**%SiO₂/ Mn%**)

რკინის მოდულის მნიშვნელობით (**%Fe/ Mn%**)

ფუჭექანის ფუძიანობით (**%GaO+MgO/ SiO₂%**)

გრანულომეტრიული შედგენილობით

სინესტიით (**H₂O%**)

• რომელია მანგანუმის კონცენტრატებში ყველაზე მაგნე ელემენტი?

ყველაზე მაგნე ელემენტი მანგანუმის კონცენტრატში არის ფოსფორი.

• დაასახელეთ მანგანუმის კონცენტრატებიდან ფოსფორის მოშორების სამრეწველო მეთოდი და რაში მდგომარეობს მისი არსი?

მანგანუმის კონცენტრატების დეფოსფორაციის (ფოსფორის მოშორების) სამრეწველო მეთოდია მეტალურგიული მეთოდი, რომელიც ელექტროლუმელში დნობის ჩატარებას მოითხოვს. ეს მეთოდი კაზში მანგანუმის

კონცენტრატთან ერთად მცირე რაოდენობის მყარი ნახშირბად აღმდგენელის (კოქსწვრილა, ნახშირი და ა.შ) გამოყენებას ითვალისწინებს. აღმდგენელის რაოდენობა ისეა შერჩეული, რომ მან უზრუნველყოს კონცენტრატში არსებული მხოლოდ რკინისა და ფოსფორის აღდგენა და არა მანგანუმის. ფოსფორის აღდგენის პროცესის გაუმჯობესების მიზნით კაზმში კაჟმიწაშემცველ მასალებსაც იყენებენ. დნობის შედეგად მიიღება მაღალმანგანუმიანი და დაბალფოსფორშემცველი ($P < 0,03\%$) გადასამუშავებელი წიდა.

• ჩამოთვალეთ მანგანუმის კონცენტრატების დანაჯროვნების (გამსხვილების) სახეები და ახსენით მათი არსი.

მანგანუმის კონცენტრატების დანაჯროვნების სახეებია: აგლომერაცია, დაგუნდავება და დაბრიკეტება.

აგლომერაცია არის წვრილფრაქციული მასალების (10-0 მმ) შეცხობის პროცესი, რომელიც სააგლომერაციო კაზმში არსებული იაფასიანი მყარი სათბობის წვის შედეგად გამოყოფილი სითბოს ხარჯზე ხორციელდება.

დაბუნდავება წვრილფრაქციული მასალების (1-0 მმ) გასამსხვილებლად გამოიყენება. დაგუნდავების პროცესი სამი სტადიისაგან შედგება: ნედლი გუნდების მიღება შემკვრელის გამოყენებით (ბენტონიტი ანუ თიხამიწა) და მიღებული გუნდების გამყარება გამომშრობითა ($300-600^{\circ}\text{C}$) და გამოწვით ($1200-1350^{\circ}\text{C}$).

დაბრიკეტება ხორციელდება სპეციალური წნეხის გამოყენებით. დასაბრიკეტებელი მასალის სიმსხო 5-0 მმ-ს

შეადგენს. დაბრიკეტებისას გამოყენებულია სპეციალური შემკვერელი 6-8%-ის ოდენობით (ცელულოზის ნარჩენი-ბარდა, თხევადი მინა და სხვა). დაწნეხისას წნევა 300 კგ.ძ /სმ²-ს შეადგენს.

• როგორია მსოფლიოში წარმოებული ფერო-შენადნობთა საერთო მოცულობაში მანგანუმისანი ფეროშენადნობების ხვედრითი წილი?

მსოფლიოში წარმოებულ ფეროშენადნობთა შორის მანგანუმისანი შენადნობების რაოდენობა 40-45%-ს შეადგენს.

• ჩამოვთვალოთ მანგანუმისანი ფეროშენადნობების მწარმოებელი ქვეყნები.

მანგანუმისანი ფეროშენადნობებს აწარმოებს: ჩინეთი, სამხრეთ აფრიკა, იაპონია, საფრანგეთი, უკრაინა, აშშ, ნორვეგია, ინდოეთი, ბრაზილია, ესპანეთი, სამხრეთ კორეა, მექსიკა, ავსტრალია.

• ამჟამად რომელი ფეროშენადნობები დნება ზესტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხანაში (ზფქ) და რა რაოდენობით?

ზ.ფ.ქ.-ში ამჟამად აღნობენ სილიკომანგანუმსა (120 ათასი ტ. წელიწადში) და საშუალონახშირბადიან ფერომანგანუმს (11 ათასი ტ. წელიწადში).

2.1. სილიკომანგანუმი

- ზ.ფ.ქ.-ში რომელ საამქროებში აღნობენ სილიკომანგანუმსა და საშუალონახშირბადიან ფერომანგანუმს?

სილიკომანგანუმს აღნობენ №1 და №4 საამქროში, ხოლო ს/ნ ფერომანგანუმს კი №2 საამქროში.

- რა ფიზიკო-ქიმიური თვისებებით ხასიათდება მანგანუმი?

მანგანუმის ფიზიკო-ქიმიური თვისებები:

| | |
|---------------------|--|
| ატომური წონა | 54,93 |
| სიმკვრივე | 20 ⁰ C 7,4 გ/სმ ³ |
| სიმკვრივე | 1243 ⁰ C 6,43 გ/სმ ³ |
| დნობის ტენპერატურა | 1243 ⁰ C |
| დუდილის ტემპერატურე | 2036 ⁰ C |
| ვალენტობა | 2, 3, 4, 6 და 7 |

- რა საკაზმე მასალები გამოიყენება სილიკომანგანუმის გამოსაღობად?

სილიკომანგანუმის გამოსაღობად გამოიყენება:

მანგანუმის კონცენტრატი (**Mn≥36%**) ან

მანგანუმშემცველი სხვა მასალა.

კვარციტი (**SiO₂ >90%**)

კოქსწერილა (**C ≥ 82%**)

კირქვა (**CaO 54%**)

- **ფოსფორის შემცველობის მიხედვით რამდენგვარი სილიკომანგანუმი დნება და სად გამოიყენებენ მას?**

ფოსფორის შემცველობის მიხედვით სილიკომანგანუმი არის ორგვარი: გადასამუშავებელი და სასაქონლო. გადასამუშავებელ სილიკომანგანუმს ($P \leq 0,12\%$), როგორც სილიკოთერმულ აღმდგენელს მცირენახშირბადიანი მანგანუმიანი ფეროშენადნობის (საშ. და მცირე ნახშირ. ფერო-მანგანუმი, ლითონური მანგანუმი) მისაღებად იყენებენ, ხოლო სასაქონლო სილიკომანგანუმი ($P \geq 0,12\%$), როგორც კომპლექსური განმჟანგველი ფოლა-დის მეტალურგიაში გამოიყენება.

- **როგორია სილიკომანგანუმის გამოდნობის პროცესი და რა ტიპის ღუმელშია მისი გამოდნობა შესაძლებელი?**

სილიკომანგანუმის გამოდნობა ხორციელდება ელექტრორორკალურ მადანთერმულ ღუმელში. სილიკომანგანუმის გამოდნობის პროცესი არის უწყვეტი (საკაზმე მასალები უწყვეტად მიეწოდება ღუმელის საკერძეს) და აღდგენითი (კოქსის ნახშირბადი მაღალ ტემპერატურებზე ($1300-1600^{\circ}\text{C}$) ოქსიდებიდან აღადგენს მანგანუმსა და სილიციუმს, რომელთა შეერთებითაც მიიღება სილიკომანგანუმი). გამოდნობა მიმდინარეობს დახურული ელექტრორკალით.

- **ზ.ფ.კ-ში რა სიმძლავრის ელექტროღუმელებში ადნობენ ახდენენ სილიკომანგანუმს?**

ზ.ფ.ქ-ში სილიკომანგანუმს აღნობენ 11,5 მკტ (№1 საამქრო) და 22,5 მკტ (№4 საამქრო) სიმძლავრის ელექტროლუმენებსში.

• როგორი გრანულომეტრიული შედგენილობა უნდა ჰქონდეს სილიკომანგანუმის გამოსადნობად საჭირო საკაზმე მასალებს?

სილიკომანგანუმის გამოსადნობად განკუთვნილი მანგანუმშემცველი მასალა გრანულომეტრიული შედგენილობით 4 კლასად იყოფა:

- I კლასი 20-200 მმ
- II კლასი 20-100 მმ
- III კლასი 5-100 მმ
- IV კლასი 5-50 მმ

აღმდგენელის სასურველი გრანულომეტრიული შედგენილობაა 10-25 მმ, ხოლო კვარციტის 25-80 მმ.

• სილიკომანგანუმის გამოდნობისას როგორია ელექტროლუმენების ოპტიმალური ელექტრული რეჟიმი ზ.ფ.ქ-ში?

№1 საამქროში ძაბვის საფეხურია I-II , დაბალი მხარის ძაბვაა 143-137 ვ, დენის ძალა ელექტროდებზე 45კა, (10,5 მკტ).

№4 საამქროში ძაბვის საფეხურებია V-VII, დაბალი მხარის ძაბვაა 182-172,5 ვ, დენის ძალა ელექტროდებზე 72,8-76,8 კა (22,5 მკტ).

• რა ფაქტორები განაპირობებს სილიკომანგანუმის გამოდნობისას ელექტროლუმელის ტექნოლოგიური რეჟიმის დარღვევას?

კაზმის არასწორი დოზირება;

საკაზმე მასალების ფრაქციული შედგენილობის დარღვევა;

ელექტრული რეჟიმის შეცვლა;

საკერძის არასწორი მომსახურება.

• რა გავლენას ახდენს აღმდგენელის რაოდენობის ცვლილება ელექტროლუმელის მუშაობის ტექნოლოგიურ მაჩვენებლებზე და აჩვენეთ გამოსწორების გზები.

კაზმში აღმდგენელის ნაკლებობისას ელექტროდები ღრმად ეშვება კაზმში. დენური დატვირთვა ელექტროდებზე არასტაბილურია, შეიმჩნევა წილის „ღუღილი“ საკერძეზე, ღუმელიდან გამომავალი წიდა ბლანტია, შენადნობში მცირდება სილიციუმის შემცველობა და იზრდება ფოსფორის რაოდენობა.

ღუმელის მუშაობის გამოსასწორებლად საჭიროა კაზმში აღმდგენელის მომატება ან ღუმელზე ძაბვის გაზრდა. იმ შემთხვევაში თუ ღუმელი ხანგრძლივად მუშაობს აღმდგენელის ნაკლებობით და საჭირო ხდება სატიგელე ზონის გახურება, შესაძლებელია ღუმელი ამოირთოს, ელექტროდების ქვეშ ჩაიყაროს 100-200 კგ კოქსი, ელექტროდით ჩაიწნეხოს იგი სატიგელე ზონაში და კვლავ ჩაირთოს ღუმელი.

აღმდგენელის სიჭარბის შემთხვევაში ელექტროდების ჩაშვება კაზმში ნაკლებია, სატიგელე ზონა შევიწროვებუ-

ლია, ადგილი აქვს ელექტროდებთან კაზმის ჩავარდნებს. ღუმელიდან წიდა გადმოდის შემცირებული რაოდენობით. შენადნი გამოედინება „ცივად“.

ღუმელის მუშაობის ნორმალიზაციისათვის საჭიროა შემცირდეს აღმდგენელის რაოდენობა კაზმში ან გამონაკლის შემთხვევაში მანგანუმშემცველი ნედლეულის განსაზღვრული ულუფა მიეწოდოს ელექტროდებთან. ასეთ შემთხვევაშიც ნებადართულია ელექტრორეჟიმის შეცვლა.

• როგორია საკაზმე მასალებისა და ელექტროენერჯის ხარჯი 1 ტ ლითონზე?

ერთი ტონა სილიკომანგანუმის მისაღებად იხარჯება:

მანგანუმშემცველი მასალა (Mn 40 %) — 2500 კგ

კვარციტი — 350 კგ

კოქსი — 420 კგ

ელ. ენერჯია — 4800 კვტ. სთ.

• რას უდრის წილის ჯერადობა სილიკომანგანუმის გამოდნობისას და საერთოდ რა არის წილის ჯერადობა?

წილის ჯერადობა არის წილის რაოდენობის შეფარდება ლითონის რაოდენობასთან. სილიკომანგანუმის დნობისას წილის ჯერადობა 1,2 – 1,3 შეადგენს.

• როგორია სილიკომანგანუმის წილის საშ. ქიმიური შედგენილობა და სად გამოიყენება იგი?

სილიკომანგანუმის წიდა შეიცავს:

Mn 16% , SiO₂ 45%, CaO 19,3%

ასეთი შედგენილობის წიდა გადასაყრელია, თუმცა კაზმის დანატროვნების მიზნით ამ წიდას ზ.ფ.ქ-ში SiMn-ის კვლავწარმოებაში იყენებენ.

- ჩამოთვალეთ სილიკომანგანუმის მარკები ქიმიური შედგენილობის ჩვენებით.

| მარკა | ელემენტის ქიმიური შემცველობა, % | | | | | |
|--------|---------------------------------|-------------------|-----|------|------|------|
| | Si | Mn არა ნაკლები | P | | | S |
| | | | C | A | Б | |
| | არა უმეტესი | | | | | |
| MnC 25 | 25-დან 35-ის ჩათვლით | 60 | 0,5 | 0,05 | 0,25 | 0,03 |
| MnC 22 | 20 „—“ 25 „—“ | 65 | 1,0 | 0,10 | 0,35 | 0,03 |
| MnC 17 | 15 „—“ 20 „—“ | 65 | 2,5 | 0,10 | 0,6 | 0,03 |
| MnC 12 | 10 „—“ 15 „—“ | 65 | 3,5 | 0,2 | 0,6 | 0,03 |

Mn- მანგანუმი, **C--**სილიციუმი

- რამდენია სილიკომანგანუმის გამოდნობისას კაზმიდან მანგანუმის ამოკრეფა ლითონში?
მანგანუმის ამოკრეფა ლითონში არის 75%.

- სად გამოიყენება Si Mn?

სილიკომანგანუმი გამოიყენება ფოლადის განუანგვისა და ლეგირებისათვის, ამასთან იყენებენ სილიკოთერმულ

აღმდგენელად საშ., მცირენახშირბადიანი და ლითონური მანგანუმის მისაღებად.

- რა ფარგლებში უნდა იცვლებოდეს სილიკომანგანუმის წილის ფუძიანობა?

სილიკომანგანუმის წილის ფუძიანობა $\left(\frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2} \right)$ 0,65-0,75

ზღვრებში იცვლება.

- ზ.ფ.ქ-ში რომელი მარკის სილიკომანგანუმს ადნობენ?

ზ.ფ.ქ-ში უმეტესად ადნობენ MnC 17 (Si - 17%, Mn 73-75%, P 0,3-0,4%, C 2-2,5%).

- რა ზღვრებში იცვლება Mn-ის ამოკრეფა ლითონში?

სილიკომანგანუმის გამოდნობისას Mn-ის ამოკრეფა ლითონში 74 - 80%-ს შეადგენს.

- როგორია Si-ის ამოკრეფა ლითონში?

სილიციუმის ამოკრეფა ლითონში 30 - 45% შეადგენს.

- როგორია P-ის ამოკრეფა ლითონში?

ფოსფორის ამოკრეფა ლითონში 80%-ა.

- როგორია Fe-ის ამოკრეფა ლითონში?

რკინის ამოკრეფა ლითონში 90 - 95%-ს აღწევს.

- როგორია 11,5 და 22,5 მკტ სიმბლავრის ღუმელის დღედამური წარმადობა ზ.ფ.ქ.-ში?

შესაბამისად 33 და 65 ტონა.

- რით არის ამოგებული სილიკომანგანუმის გამოსადნობი ღუმელი?

სილიკომანგანუმის გამოსადნობი ღუმელი ამოგებულია ცეცხლგამძლე აგურით და ნახშირის ბლოკებით.

- დროის რა ინტერვალით ახდენენ ლითონისა და წილის გამოშვებას?

ღუმელიდან წილისა და ლითონის გამოშვებას ახდენენ ორი საათის ინტერვალით.

- რაში ისხმება ღუმელიდან გამოსული ლითონი და წილა?

ღუმელიდან ლითონსა და წილას უშვებენ კასკადურად განლაგებულ ფოლადის ციცხვებში.

- რას ნიშნავს კასკადურად განლაგებული ციცხვები?

კასკადურად განლაგებაა როცა პირველი ციცხვიდან (მისი აგსების შემდეგ) შენადნობი გადაედინება მე-2 ციცხვში, მეორედან მესამეში და ა.შ.

- რომელ ციცხვში რჩება ლითონი?

ღუმელიდან ლითონი და წილა ერთი ხვრელიდან გამოდის. იმის გამო, რომ ლითონის ხვედრითი წონა

გაცილებით მაღალია წიდის ხვედრით წონაზე, ლითონით ჯერ პირველი ციცხვი ივსება.

• **როგორ ახდენენ ფოლადის ციცხვების მომზადებას?**

პირველ ციცხვად ყოველთვის იყენებენ წიდის გარნისა-
უიან ციცხვს, ხოლო დანარჩენების დამუშავებას ახდენენ
კირის რძით.

• **სად ახდენენ ლითონის ჩამოსხმას?**

ლითონს ჩამოსახამენ საჩამოსხმო მანქანაზე, სადაც
გაციებული ლითონი იყრება რკინის ბალონებში და
აწონის შემდეგ მიეწოდება მომხმარებელს.

• **რატომ ვერ აღნობენ ბრძმედში მაღალსილი-
ციუმთან სილიკომანგანუმს?**

არასაკმარისი ტემპერატურის გამო.

2.2. ნახშირბადიანი ფერომანგანუმი

- ჩამოთვალეთ ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის მარკები.

ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის მარკებია: $\Phi\text{Mn } 78 \text{ A}$, $\Phi\text{Mn } 78\text{K}$ ($\text{Si} < 1,0\%$), $\Phi\text{Mn } 78$, $\Phi\text{Mn } 75 \text{ AC6}$ ($\text{P} \leq 0,05\%$, $\text{Si} \leq 6\%$), $\Phi\text{Mn } 75 \text{ C4}$ ($\text{Si} \leq 4,0$), $\Phi \text{ Mn } 75$, $\Phi\text{Mn } 70$ ($\text{Si} < 6\%$), ციფრები მიუთითებენ მანგანუმის შემცველობაზე (არა ნაკლები).

- როგორია ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის მიღების პროცესი და რა ტიპის ღუმელებში ადნობენ მას?

ნახშირბადიან ფერომანგანუმს ადნობენ მაღალი სიმძლავრის ელექტროღუმელებსა და ბრძმედში. პროცესი არის უწყვეტი და იგი ემყარება ნახშირბადით მანგანუმისა და რკინის ოქსიდების აღდგენას. აღდგენილი ელემენტების შეერთების ხარჯზე მიიღება ფერომანგანუმი, ხოლო მადანში არსებული ოქსიდებისა და ფლუსის შედნობით წიდა.

- ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის გამოდნობის რამდენი მეთოდია ცნობილი?

ცნობილია ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის გამოდნობის ორი მეთოდი: ფლუსიანი და უფლუსო.

- რაში მდგომარეობს უფლუსო მეთოდით ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის გამოდნობის არსი?

უფლუსო მეთოდით გამოდნობისას კაზმში არ ხდება ფუძე ფლუსის (კირქვა, დოლომიტი) დამატება, რის გამოც დაბალია მანგანუმის ამოკრეფა ლითონში (60%), სამაგიეროდ მიიღება დაბალფოსფორიანი და მაღალმანგანუმიანი ($Mn36-42\%$, $p\leq 0,025\%$) წიდა, რომელსაც გადასამუშავებელი სილიკომანგანუმის ($P\leq 0,125\%$) მისაღებად იყენებენ.

- აუცილებელია თუ არა უფლუსო დნობისას კაზმში მხოლოდ მაღალხარისხიანი მანგანუმის კონცენტრატების გამოყენება და რატომ?

უფლუსო მეთოდით ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის დნობისას იყენებენ მხოლოდ მაღალი ხარისხის კონცენტრატებს ($Mn\geq 45\%$), რომლებშიც ფოსფორის მოდული (P/Mn) არ უნდა აღემატებოდეს 0,0036-ს, წინააღმდეგ შემთხვევაში ფოსფორით არასტანდარტული ლითონი მიიღება.

- რა საკაზმე მასალები გამოიყენება უფლუსო მეთოდით ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის გამოდნობისას?

უფლუსო მეთოდით გამოდნობისას გამოიყენება მანგანუმის კონცენტრატი, რკინის შემცველი მასალა (გუნდა, ბურბუშელა) და კოქსი.

- ერთი ტონა ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის მისაღებად რა რაოდენობის საკაზმე მასალები და ელ.ენერგია იხარჯება?

საკაზმე მასალების ხარჯი ტონა პროდუქციაზე შეადგენს, კგ:

| | |
|---------------------------------------|------|
| მანგანუმის კონცენტრატი (48% Mn) ----- | 2971 |
| რკინის გუნდა----- | 85 |
| კოქსი ----- | 415 |
| ელ.ენერგია, კვტ.სთ ----- | 3054 |

• რამ განაპირობა უფლუსო მეთოდით დნობისას ფოსფორის მცირე რაოდენობა წილაში ($P \leq 0,02\%$)?

ფოსფორი ადვილად აღდგება და კაზმში არსებული რაოდენობის 80% გადადის ლითონში და მხოლოდ 3-5% რჩება წილაში.

• რატომ არ შეიძლება მაღალფოსფორიანი კონცენტრატების გამოყენება უფლუსო მეთოდით დნობისას?

ვინაიდან ნახ.ფერომანგანუმის უფლუსო მეთოდით გამოდნობისას მანგანუმის ამოკრეფა ლითონში დაბალია (60%), მაღალფოსფორიანი კონცენტრატების გამოყენებისას ფოსფორით არასტანდარტული ლითონი მიიღება ($P > 0,45\%$)

• რომელ ტემპერატურაზე მიმდინარეობს ნახშირბადით MnO -დან Mn-ის აღდგენა და როგორია რეაქციის პროდუქტი?

MnO-დან Mn-ის აღდგენა შეიძლება განხორციელდეს როგორც კარბიდების ისე თავისუფალი სახით.

კარბიდების წარმოქმნის საწყისი თეორიული ტემპერატურა 1270°C ტოლია, ხოლო თავისუფალი სახით წარმოქმნის შემთხვევაში კი 1400°C .

- რა გავლენას ახდენს ტემპერატურის ცვალებადობა კარბიდების წარმოქმნის ინტენსივობაზე? ტემპერატურის მომატებით მანგანუმის კარბიდების წარმოქმნის ინტენსივობა იზრდება, ამიტომაც MnO -დან Mn -ის აღდგენა კარბიდის წარმოქმნით მიმდინარეობს.

- რა როლს ასრულებს რკინა მანგანუმის აღდგენისას?

რკინის არსებობა კაზმში აუმჯობესებს მანგანუმის აღდგენის პირობებს.

- რომელ ტემპერატურაზე მიმდინარეობს მანგანუმის სილიკატების როდონიტისა ($\text{MnO} \cdot \text{SiO}_2$) და ტეფროიდის $[(\text{MnO})_2\text{SiO}_2]$ წარმოქმნა?

როდონიტისა და ტეფროიდის წარმოქმნა მიმდინარეობს $1200\text{-}1250^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურაზე და Mn -ის აღდგენა ამ შემთხვევაში სილიკატებიდან ხდება.

- რა როლს ასრულებს CaO მანგანუმის აღდგენის პროცესში?

კაზმში CaO -ს არსებობა ხელს უწყობს სილიკატებიდან მანგანუმის აღდგენას, რადგანაც იგი როგორც ფუძე ოქსიდი რეაგირებს კაჟმიწასთან (მუავე ოქსიდთან) და სილიკატური ნაერთიდან აძევებს მანგანუმის მონო-

ოქსიდს (MnO), რომლიდანაც მანგანუმის აღდგენა გაცილებით იოლია ვიდრე სილიკატური ნაერთებიდან.

- **ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის გამოდნობისას როგორია კაზმიდან სილიციუმის ამოკრეფა ლითონში?**

ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის გამოდნობისას სილიციუმის ამოკრეფა ლითონში 8 - 10%-ს აღწევს. ამიტომაც შენადნში სილიციუმის 1,0%-მდე შემცველობისას აუცილებელია კონცენტრატში SiO_2 -ის რაოდენობა არ აღემატებოდეს 10%-ს.

- **რა შემადგენლობისაა უფლუსო მეთოდით მიღებული წიდა და რას უდრის მისი ჯერადობა**

წიდის ჯერადობა დაახლოებით შეადგენს 1,2-ს. წიდა ხასიათდება შემდეგი ქიმიური შედგენილობით: Mn 36-42%, SiO_2 29-31%, CaO 7-9%, FeO 1%, Al_2O_3 6-8%, MgO 2% .

- **წიდის გამოყენების გათვალისწინებით რას უდრის უფლუსო მეთოდით დნობისას მანგანუმის საერთო ამოკრეფა ლითონში?**

წიდის გამოყენების გათვალისწინებით (სილიკომანგანუმის დნობაში) მანგანუმის საერთო ამოკრეფა ლითონში უფლუსო მეთოდით დნობისას 83%-ს აღწევს.

- **რაში მდგომარეობს ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის გამოდნობის ფლუსიანი მეთოდის არსი?**

უფლუსოსგან განსხვავებით, ფლუსიანი მეთოდის ძირითადი მიზანი კაზმიდან მანგანუმის მაქსიმალური ამოკრეფაა.

• რას უდრის ფლუსიანი მეთოდის გამოდნობისას მანგანუმის ამოკრეფა ლითონში?

ფლუსიანი მეთოდით დნობისას მანგანუმის ამოკრეფა ლითონში 75%-ს აღწევს.

• რა საკაზმე მასალები გამოიყენება ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის ფლუსიანი მეთოდით გამოდნობისას?

ფლუსიანი მათოდით გამოდნობისას კაზმში გამოყენებულია მანგანუმის მადნის კონცენტრატი, რკინის გუნდა, კოქსი და კირქვა.

• როგორია საკაზმე მასალების ხარჯი ტონა ლითონზე (ფლუსიანი მეთოდი).

ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის ფლუსიანი მეთოდით გამოდნობისას საკაზმე მასალების ხარჯი ტონა ლითონზე შეადგენს, კგ:

| | |
|--------------------------------------|-------------|
| მანგანუმშემცველი ნედლეული (48% Mn) — | 2060 |
| რკინის გუნდა ————— | 110 |
| კირქვა ————— | 700 |
| კოქსი ————— | 580 |
| ელექტრო ენერჯია ————— | 4300 კვტ.სთ |

• რა დადებითი მხარე აქვს ფლუსიანი მეთოდით გამოდნობას?

ფლუსიანი მეთოდით გამოდნობისას შესაძლებელია კაზმში გამოყენებული იქნეს მანგანუმის ღარიბი მადნები (კარბონატული).

- როგორი ქიმიური შედგენილობა აქვს ფლუსიანი მეთოდით მიღებულ ნახ. ფერომანგანუმის წიდას და სად გამოიყენება იგი?

ფლუსიანი მეთოდით გამოდნობილი ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის წიდის ქიმიური შედგენილობაა:

Mn - 11,0% , SiO₂ - 32%, GaO - 41,0%, MgO- 1,8%, Al₂O₃ - 1,3% ასეთი შედგენილობის წიდა უვარგისია შემდეგი გამოყენებისათვის და იგი იყრება.

- როგორია ფლუსიანი მეთოდით გამოდნობისას წიდის ჯერადობა და ფუძიანობა?

წიდის ჯერადობა 1,35-ს შეადგენს, ხოლო ფუძიანობა

GaO __1,3-ს

SiO₂

2.3. მცირე და საშუალონახშირბადიანი

ფერომანგანუმი

• მცირე და საშ.ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის რა მარკებია ცნობილი?

ცნობილია მცირე და საშუალონახშირბადიანი ფერომანგანუმის შემდეგი მარკები.

| მარკა | Mn არა ნაკლები | C | Si | P | S |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|-----|------|------|
| | | ა რ ა უ მ ე ტ ე ს | | | |
| მცირე ნახშირბადიანი ფერომანგანუმი | | | | | |
| ΦMn 0,5 | 85 | 0,5 | 2,0 | 0,30 | 0,03 |
| საშუალონახშირბადიანი ფერომანგანუმი | | | | | |
| ΦMn 1,0A | 85 | 1,0 | 1,5 | 0,10 | 0,03 |
| ΦMn 1,0 | 85 | 1,0 | 2,0 | 0,30 | 0,03 |
| ΦMn 1,5 | 85 | 1,5 | 2,5 | 0,30 | 0,03 |
| ΦMn 2,0 | 75 | 2,0 | 2,0 | 0,35 | 0,03 |

• სად გამოიყენება მცირე და საშუალონახშირბადიანი ფერომანგანუმი?

მცირე და საშუალონახშირბადიანი ფერომანგანუმი გამოიყენება უნახშირბადო ფოლადების მისაღებად და ელექტროდების წარმოებაში.

- **რა მეთოდებით მიიღება მცირე და საშუალონახშირბადიანი ფერომანგანუმი?**

მცირე და საშუალონახშირბადიანი ფერომანგანუმი მიიღება მეტალურგიული (სილიკოთერმული) აღდგენითა და მაღალნახშირბადიანი ფერომანგანუმის განქრევის გზით (ნახშირბადის ამოწვით)

- **როგორია მცირე და საშუალონახშირბადიანი ფერომანგანუმის გამოდნობის პროცესი?**

გამოდნობის პროცესი არის წყვეტილი ე.ი. ღუმელის ამონაგის შეკეთების შემდეგ, ღუმელში ჩატვირთავენ საკაზმე მასალებს, ჩართავენ ღუმელს, პროცესის დამთავრების შემდეგ კი გამორთავენ ღუმელს და მთლიანად ახდენენ ლითონისა და წიღის გამოშვებას.

- **რა სიმძლავრის ღუმელებში მიიღება მცირე და საშ.ნახშირბადიანი ფერომანგანუმი სილიკოთერმული პროცესის შემთხვევაში?**

სილიკოთერმული გზით მცირე და საშ.ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის გამოდნობა ხდება 3,5 ; 5,0 და 7,0 მგტ სიმძლავრის დასახრელ სარაფინაციო ღუმელებში.

- **როგორია ღუმელის ამონაგი?**

ამონაგი არის ფუქე (მაგნეზიტის აგური).

- **რამდენ ხანს გრძელდება მცირე და საშ. ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის გამოდნობის პროცესი?**

გამოდნობის პროცესი გრძელდება 4-5 საათი.

• რა საკაზმე მასალები გამოიყენება მცირე და საშ.ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის გამოდნობისას?

საკაზმე მასალებად გამოიყენება მანგანუმის კონცენტრაცი (Mn>42%), გადასამუშავებელი სილიკომანგანუმი (Si ≥17,0%, P≤0,12%), კირი ან კირქვა.

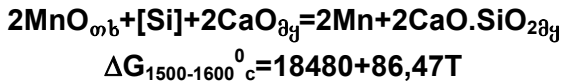
• რა პრინციპით ხდება ღუმელის ჩართვა და რა თანმიმდევრობით ახორციელებენ ზ.ფ.ქ-ში მცირე და საშ.ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის გამოდნობას?

მცირე და საშ.ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის გამოდნობას პროცესი მოიცავს შემდეგ ოპერაციებს:

1. ღუმელის ამონაგის შეკეთება;
2. ელექტროდების გადაშვება;
3. საღუმელე ხვიშირიდან კაზმის ნაწილის (ძირითადად სილიკომანგანუმი) ჩატვირთვა სასურველი დენური დატვირთვისთვის;
4. ღუმელის ჩართვა და მცირე სიმძლავრის აღება;
5. კაზმის დარჩენილი ნაწილის მთლიანად ჩატვირთვა ელექტროდების ირგვლივ;
6. ტექნოლოგიური სიმძლავრის ათვისება,
7. კაზმის გადნობა;
8. შენადნობის რაფინირება და მომზადება გამოშვებისთვის;
9. ღუმელის ამორთვა;
10. შენადნობისა და წილის გამოშვება.

- რას ემყარება საშ.ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის გამოდნობის პროცესი, დაწერეთ ძირითადი რეაქცია.

საშ.ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის გამოდნობის პროცესი ემყარება სილიკომანგანუმის სილიციუმის მანგანუმის ოქსიდებით ამოწვას. სილიკოთერმიულ რეაქციას შემდეგი სახე აქვს:



- რა როლს ასრულებს CaO გამოდნობის პროცესში?

MnO.SiO₂ სისტემაში CaO-ს დამატება ხელს უწყობს სილიციუმით მანგანუმის აღდგენას და თბური ეფექტის გაზრდასაც უზრუნველყოფს.

- როგორი უნდა იყოს კაზმში გამოყენებული მანგანუმის კონცენტრატის სინესტე?

მანგანუმის კონცენტრატის სინესტე 3%-ს არ უნდა აღემატებოდეს

- ჯიბსის ენერჯის ტემპერატურაზე დამოკიდებულების ცვლილებით დაახასიათეთ სილიკოთერმიული აღდგენის ამსახველი რეაქცია.

ΔG -ს ტემპერატურაზე დამოკიდებულების მიხედვით ენთალპიის ცვლილება არის დადებითი ($\Delta H > 0$), ე.ი. რეაქცია არის ენდოთერმიული, ხოლო ენტროპიის ცვლილება კი უარყოფითი ($\Delta S < 0$), რაც იმაზე მიუთით-

თებს, რომ ტემპერატურის მომატება ხელს უშლის რეაქციის მსვლელობას.

• რა რაოდენობის საკაზმე მასალები და ელ.ენერგია იხარჯება ერთი ტონა საშ. ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის მისაღებად?

საშ.ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის გამოღობისას საკაზმე მასალების ხარჯი ტონა პროდუქციაზე შეადგენს:

1. მანგანუმის კონცენტრატი (Mn 48%) -1550კგ,
2. სილიკომანგანუმი (82) - 1100კგ,
3. კირი - 350კგ,
4. ელ.ენერგია - 1450 კვტ.სთ.

• რას უდრის ზ.ფ.ქ-ში მანგანუმის ამოკრეფა კაზმიდან ლითონში?

მანგანუმის ამოკრეფა საშ.ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის გამღობისას ლითონში 56%-ს აღწევს.

• რისი ტოლია ამ დროს წიდის ფუძიანობა?

წიდის ფუძიანობა 0,7-0,8-ს აღწევს.

• რამდენია ზ.ფ.ქ-ში საშ. ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის წიდაში მანგანუმის შემცველობა და სად გამოიყენება აღნიშნული წიდა?

ზ.ფ.ქ-ში არსებული ტექნოლოგიით მიღებული წიდა 32-34% Mn-ს შეიცავს. აღნიშნულ წიდას ფოსფორის დაბალი შემცველობის ($P \leq 0,02\%$) გამო იყენებენ გადასამუშავებელი სილიკომანგანუმის გამოსაღობად.

- რას უდრის საშ. ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის წილის ჯერადობა?

ჯერადობა 1,5-ის ტოლია.

- რა სპეციფიკური ნიშნებით შეიძლება გამოიხატოს საშუალო ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის გამოდნობის ნორმალური ტექნოლოგიური რეჟიმიდან გადახვევა?

1. კაზმის ამოფრქვევები და აფეთქების დამახასიათებელი ხმა მიანიშნებს მანგანუმის კონცენტრატის ან კირქვის მაღალ სინესტეზე.

2. კაზმის ნელი გადნობა, ნათელი მწვანე ფერის წიდა, რომელიც გამყარებისთანვე იშლება ფხვნილის სახით, ადასტურებს კაზმში კირის (კირქვის) სიჭარბეს.

3. შენადნში სილიციუმის მაღალი შემცველობა კაზმის გამოდნობის დამთავრებისას, შედეგია დოზირების უზუსტობის და მოითხოვს ღუმელის აბაზანაში სარაფინაციო ნარევის (მანგანუმის კონცენტრატი, კირი ან კირქვა) დამატებით შეყვანას

4. ღუმელის გარცმის გაწითლების შემთხვევაში იმისათვის, რომ ავიცილოთ ღუმელის გაჭრა აუცილებელია ღუმელიდან დაუყონებლივ გამოუშვათ ნაღობი. თუ დათვალიერებისას შეიმჩნევა ცეცხლგამძლე ამონაგის არადამაკმაყოფილებელი მდგომარეობა, ღუმელი უნდა გაჩერდეს შეკეთებისათვის ან ცეცხლგამძლე ამონაგის შეცვლისათვის.

2.4. ლითონური მანგანუმი

- ჩამოთვალეთ ლითონური მანგანუმის მარკები ლითონური მანგანუმის მარკებია:

| მარკა | მიღების მეთოდები | Mn | C | Si | P | S |
|--------|------------------|-------------|-------------------|-----|-------|-------|
| | | არა ნაკლები | ა რ ა უ მ ე ტ ე ს | | | |
| Mn 998 | ელექტრო-ლიტური | 99,8 | 0,04 | — | 0,003 | 0,003 |
| Mn 997 | | 99,7 | 0,06 | — | 0,05 | 0,10 |
| Mn 965 | ელექტრო-თერმული | 96,5 | 0,10 | 0,8 | 0,05 | 0,05 |
| Mn 95 | | 95,0 | 0,20 | 1,8 | 0,07 | 0,05 |

- ლითონური მანგანუმის მიღების რა მეთოდებია ცნობილი?

ლითონური მანგანუმი მიიღება ელექტროლიტური და ელექტროსილიკოთერმული (ზოგჯერ ალუმინოთერმული) გზით.

- რა სტადიებს შეიცავს ლითონური მანგანუმის მიღების ელექტროლიტური გზით მიღების ტექნოლოგია?

ეს სტადიებია:

1. მადნის მომზადება გამოტუტისთვის;
2. გამოტუტვა;
3. ხსნარის გაწმენდა;

4. ელექტროლიზი.

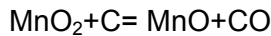
- რაში მდგომარეობს მადნის წინასწარი მომზადების არსი?

მადნის წინასწარი მომზადება გულისხმობს მის დამტვრევასა და აღდგენით გარემოში გამოწვას.

- აღმდგენლად რას იყენებენ?

მადანს ურევენ ქვანახშირს ან მახუთს.

- დაწერეთ აღდგენის რეაქცია.



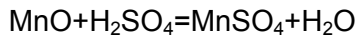
- რამდენია გამოწვის ტემპერატურა?

გამოწვის ტემპერატურა არ უნდა აღემატებოდეს 700 - 900°C

- გამომწვარი მადნის გამოტუტვას რითი ახდენენ?

გამომწვარი მადნის გამოტუტვა ხდება სპეციალურ ავზში, გოგირდმუავას ხსნარის გარემოში.

- დაწერეთ მანგანუმის ხსნარში გადასვლის რეაქცია.



- რითი ახდენენ ხსნარის გაწმენდას?

ფილტრაციის შემდეგ ხსნარს უმატებენ ამონიუმის სულფატს

$[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$, რის შედეგადაც ხდება ხსნარის გაწმენდა Ni-სა და Co-ისაგან (ილექება NiS და CoS).

- **ელექტროლიზისას სად გამოიყოფა მანგანუმი?**

ელექტროლიზის პროცესში Mn გამოიყოფა კათოდზე თხელი ფენის (1,5 - 2 მმ) სახით. მიღებული მეტალი უფერულია და ადვილად იმსხვრევა.

- **საშუალოდ რამდენხანს გრძელდება გამოტუტვის პროცესი?**

გამოტუტვის პროცესი გრძელდება საშუალოდ 24 საათი.

- **ელექტროლიტური მანგანუმის მიღებისას რისი ტოლია მანგანუმის ამოკრეფა?**

მანგანუმის ამოკრეფა აღწევს 60-65 %-ს.

- **როგორია მასალებისა და ელექტროენერგიის ხარჯი ტონა მანგანუმზე?**

ელექტროლიტური მანგანუმის მიღებისას მასალების ხარჯი ტონა მანგანუმზე შეადგენს:

1. მანგანუმის მადანი (48% Mn) – 4000-4200 კგ
2. გოგირდმჟავა – 1300-1500 კგ
3. ამონიუმის სულფატი – 1600-1900 კგ
4. ამიაკის წყალი – 500-550 კგ
5. მაზუთი – 300 კგ
6. ქვანახშირი – 300 კგ
7. ელექტროენერგია – 10500-12000 კვტ.სთ.

- **რას ემყარება ლითონური მანგანუმის სილიკოთერმული გზით მიღების მეთოდი?**

მანგანუმიანი ფეროშენადნობების მიღების სილიკოთერმული მეთოდი ზოგადად ემყარება მანგანუმის მონოოქსიდიდან (MnO) გადასამუშავებელი სილიკომანგანუმის სილიციუმით აღდგენის პროცესს.

• რა სტადიებისგან შედგება სილიკოთერმული გზით ლითონური მანგანუმის მიღების პროცესი?

სილიკოთერმული გზით ლითონური მანგანუმის მიღების პროცესი შედგება შემდეგი სტადიებისგან:

1. მაღალმანგანუმიანი და დაბალფოსფორიანი გადასამუშავებელი წილის მიღება;
2. გადასამუშავებელი სილიკომანგანუმის გამოდნობა
3. ლითონური მანგანუმის მიღება.

• რაში მდგომარეობს მაღალმანგანუმიანი და დაბალფოსფორიანი გადასამუშავებელი წილის მიღების არსი?

გადასამუშავებელი წილის მიღების არსი ელექტროლუმულში მანგანუმის კონცენტრაციიდან რკინისა და ფოსფორის შერჩევით (სელექციურ) აღდგენაში მდგომარეობს. ეს პროცესი იგივეა, რაც მანგანუმის კონცენტრატების დეფოსფორაციის მეტალურგიული მეთოდი.

• რისი ტოლი უნდა იყოს ფოსფორის მოდული გადასამუშავებელ წიდაში?

გადასამუშავებელ წიდაში ფოსფორის მოდული (P/Mn) არ უნდა აღემატებოდეს 0,00038, რაც თითქმის 10-ჯერ

უფრო მცირე სიდიდეს, ვიდრე ყველაზე საუკეთესო კონცენტრატებში მისი მნიშვნელობა.

• **რა ქიმიური შედგენილობის უნდა იყოს გადასამუშავებელი წიდა?**

გადასამუშავებელი წიდის ქიმიური შედგენილობაა შემდეგი:

| მარკა | Mn, % არა ნაკლები | P, % არა უმეტეს |
|-------|-------------------|-----------------|
| IIIIM | 45 | 0,017 |
| IIIIM | 47 | 0,013 |

• **როგორია გადასამუშავებელი წიდის გამოდნობის პროცესი და რა სიმძლავრის ღუმელებში ხდება მისი მიღება?**

გადასამუშავებელი წიდის მიღების პროცესი არის პერიოდული. აღნიშნული წიდის გამოდნობა ხორციელდება ღია, სამფაზა დასახრელი ტიპის ღუმელებში, რომელთა სიმძლავრეც 2500-5000 კვა-ს შეადგენს.

• **რით არის ღუმელი ამოგებული?**

გადასამუშავებელი წიდის გამოსადნობი ღუმელი ამოგებულია მაგნეზიტის აგურით.

• **შესაძლებელია თუ არა მაღალი სიმძლავრის ელ.ღუმელებში გადასამუშავებელი წიდის გამოდნობა უწყვეტი პროცესით?**

შესაძლებელია, თუმცა ფოსფორის შემცველობა ამ შემთხვევაში წიდაში 0,03%-მდე შეიძლება გაიზარდოს.

• რა საკაზმე მასალები გამოიყენება გადასამუშავებელი წილის მისაღებად და რა რაოდენობით მიეწოდება იგი ღუმელს?

გადასამუშავებელი წილის მისაღებად გამოიყენება:

მანგანუმის კონცენტრატი ————— 1200კგ

წვრილფრაქციული კოქსწვრილა ——— 1000-1200კგ

სილიკომანგანუმის გადასაყრელი წიდა ——— 1000-800კგ

საკუთარი წარმოების ნარჩენები ————— 300კგ

• რა ძირითადი ამოცანები დგას გადასამუშავებელი წილის გამოდნობისას?

გადასამუშავებელი წილის გამოდნობისას საჭიროა:

1. კონცენტრატში არსებული ფოსფორის მაქსიმალური რაოდენობა გადავიდეს თანამდევ ლითონში,

2. წიდაში დარჩეს მანგანუმის მაქსიმალური რაოდენობა და მისი მცირე რაოდენობა გადავიდეს ლითონში.

3. წიდა იყოს ნაკლებად ბლანტი.

• გადასამუშავებელი წილის გამოდნობისას რა უწყობს ხელს ფოსფორის მაქსიმალურ გადასვლას ლითონში და მანგანუმის მაქსიმალურ ამოკრეფას წიდაში?

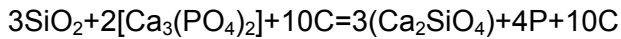
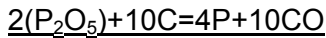
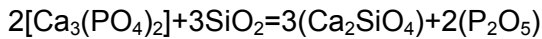
ფოსფორის გადასვლა ლითონში და მანგანუმის მაქსიმალური ამოკრეფა წიდაში შეიძლება დარეგულირ-

დეს აღმდგენელისა და ფლუისის (კვარციტი) კორექტირებით.

- რით მიიღწევა წილის დაბალი სიბლანტე?

წილის დაბალი სიბლანტე მიიღწევა წილის ქიმიური შედგენილობის რეგულირებითა და ტემპერატურის მომატებით.

- დაწერეთ ფოსფორის მოშორების რეაქცია



- გადასამუშავებელი წილის გამოდნობისას როგორია ფოსფორის გადანაწილება?

ფოსფორი შემდეგნაირად ნაწილდება:

ლითონში – 65-70%

წილაში – 3-5%

აორთქლდება – 27-30%

- წილის რა ფუძიანობა განაპირობებს გადასამუშავებელ წილაში ფოსფორის მინიმალურ მნიშვნელობას?

გადასამუშავებელ წილაში ფოსფორის მინიმალური შემცველობის მისაღწევად აუცილებელია, რომ წილის ფუძიანობა (CaO/SiO_2) არ აღემატებოდეს 0,3-ს. ფუძიანობის შემდგომი მომატება ხელს უწყობს მანგანუმის ამოკრეფის გაზრდას ლითონში, რაც არასასურველია.

- **რამდენ ხანში ახდენენ ღუმელიდან გადასამუშავებელი წილის გამოშვებას?**

გადასამუშავებელი წილის გამოშვებას ღუმელიდან ახდენენ ცვლაში სამჯერ კირის რძით დაფარულ ფოლადის ციციხეებში.

- **როგორია გადასამუშავებელი წილის მიღებისას თანამდევი ლითონის ქიმიური შედგენილობა?**

თანამდევი ლითონი წარმოადგენს ნახშირბადიან ფერომანგანუმს, რომელიც შეიცავს 54-64% Mn-ს, 28-37% Fe-ს, 3-6% C-ს, 0,5-0,7% Si -სა და 2,5-4% P-ს.

- **სად გამოიყენება თანამდევი ლითონი?**

თანამდევი ლითონი გამოიყენება ავტომატური ფოლადების წარმოებაში, ფეროფოსფორისა და ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის ნაცვლად.

- **როგორია თანამდევი ლითონის გამოსავალი?**

ერთი ტონა გადასამუშავებელი წილის წარმოქმნისას მიიღება 74 კგ თანამდევი ლითონი.

- **როგორია საკაზმე მასალების ხარჯი ერთ ტონა გადასამუშავებელ წიდაზე?**

ერთი ტონა გადასამუშავებელი წილის მისაღებად საჭიროა (ბაზური წონა) :

- მანგანუმის კონცენტრატი – 1180 კგ
- წვრილფრაქციული კოქსწვრილა – 137 კგ
- წვრილფრაქციული კვარციტი – 87 კგ

სილიკომანგანუმის წილა – 90კგ
 ელექტროენერგია – 1330კვტ.სთ

• როგორია მანგანუმის განაწილება გადასამუშავებელი წილის გამოდნობისას?

მანგანუმი ნაწილდება შემდეგნაირად:
 ლითონში – 8%; წილაში – 86%; აორთქლდება – 6%

• გადასამუშავებელი სილიკომანგანუმის რა მარკებია ცნობილი?

ცნობილია გადასამუშავებელი სილიკომანგანუმის შემდეგი მარკები:

| მარკა | შედგენილობა, % | | | |
|---------|----------------|-------|-------------|-----|
| | Si | C | P | Fe |
| | არა ნაკლები | ა რ ა | უ მ ე ტ ე ს | |
| CMnII-B | 28 | 0,05 | 0,050 | 2,0 |
| CMnII-1 | 28 | 0,07 | 0,050 | 2,3 |
| CMnII-2 | 27 | 0,15 | 0,070 | 2,8 |

• რას ემყარება გადასამუშავებელი სილიკომანგანუმის მიღების პროცესი?

გადასამუშავებელი სილიკომანგანუმი მიიღება ელექტროფეროშენადნობების სადნობ ღუმელში, კაზმიდან მანგანუმისა და სილიციუმის ერთდროული აღდგენით.

• რა საკაზმე მასალები გამოიყენება გადასამუშავებელი სილიკომანგანუმის გამოსადნობად?

საკაზმე მასალებად გამოიყენება დაბალფოსფორიანი მაღალმანგანუმიანი გადასამუშავებელი წიდა, კვარციტი და კოქსქერილა.

- რა სიმძლავრის ელექტროღუმელებში ხდება გადასამუშავებელი სილიკომანგანუმის გამოდნობა და როგორია გამოდნობის პროცესი?

გადასამუშავებელი სილიკომანგანუმის გამოდნობა ხორციელდება 5 და 16,5 მვა სიმძლავრის ელექტრორკალურ ღუმელებში. გამოდნობის პროცესი არის უწყვეტი.

- გადასამუშავებელი სილიკომანგანუმის მიღებისას რა თანაფარდობით მიეწოდება საკაზმე მასალები ღუმელს?

საკაზმე მასალები ელ.ღუმელს მიეწოდება შემდეგი თანაფარდობით;

| | | |
|---------------------------------------|---|--------------|
| დაბალფოსფორიანი გადასამუშავებელი წიდა | — | 800 კგ |
| კვარციტი | — | 270 –280 კგ |
| კოქსწვრილა | — | 340 – 360 კგ |

- გადასამუშავებელი სილიკომანგანუმის გამოდნობისას ცვლაში რამდენჯერ ხდება ლითონისა და წიდის გამოშვება?

ლითონსა და წიდას უშვებენ ცვლაში 6-ჯერ.

- გადასამუშავებელი სილიკომანგანუმის გამოდნობისას რას უდრის მანგანუმის და სილიციუმის ამოკრეფა ლითონში?

მანგანუმის ამოკრეფა ლითონში 83,7%-ს შეადგენს, ხოლო სილიციუმის კი 60%-ს.

• რა შედგენილობის წიდა მიიღება გადასამუშავებელი სილიკომანგანუმის გამოდნობისას?

გადასამუშავებელი სილიკომანგანუმის წიდას აქვს შემდეგი ქიმიური შედგენილობა : Mn 6-9%, CaO 18-22%, MgO 7-12%, SiO₂ 45-47%, C 1,6-1,8%.

• რისი ტოლია წიდის ჯერადობა?

გადასამუშავებელი სილიკომანგანუმის წიდის ჯერადობა აღწევს 0,8–1-ს.

• როგორ ხდება ლითონის დამუშავება?

გადასამუშავებელ სილიკომანგანუმს თხიერ მდგომარეობაში უკეთებენ გრანულაციას, ან გამყარების შემდეგ 40-0 მმ ფრაქციამდე ამსხვრევენ.

• რა სიმძლავრის ღუმელებში ხდება ლითონური მანგანუმის გამოდნობა?

ლითონურ მანგანუმს ადნობენ 5000 კვა სიმძლავრის ღია დასახრელი ტიპის ელექტროფეროშენადნობების სადნობ ღუმელში.

• რით არის ღუმელი ამოგებული?

ლითონური მანგანუმის გამოსადნობი ელ.ღუმელი ამოგებულია ფუქე ამონაგით – მაგნეზიტის აგურით.

• რა საკაზმე მასალები გამოიყენება ლითონური მანგანუმის გამოსადნობად?

ლითონური მანგანუმის გამოსადნობად გამოიყენება დაბალფოსფორიანი გადასამუშავებელი თხიერი წიდა, გადასამუშავებელი სილიკომანგანუმი (აღმდგენელი) და ფლუსი, კერძოდ კირი (CaO 93,2%).

• პირობითად რა სტადიებისგან შედგება ლითონური მანგანუმის გამოდნობის ტექნოლოგია და რამდენ ხანს გრძელდება პროცესი?

ლითონური მანგანუმის გამოდნობის ტექნოლოგია პირობითად შემდეგ სტადიებად შეიძლება დაიყოს:

1. ღუმელის შეკეთება;
2. სილიკომანგანუმის ჩატვირთვა (მთლიანი წონის 1/3);
3. თხიერი წიდის ჩასხმა;
4. დარჩენილი სილიკომანგანუმის ჩატვირთვა (2/3 მთლიანი წონის);
5. კაზმის გადნობა;
6. ღუმელში ჰაერის შებერვა სილიციუმის ამოწვის მიზნით.

ლითონური მანგანუმის გამოდნობის პროცესი გრძელდება 3–3,5 სთ.

• როგორია საკაზმე მასალების ხარჯი ტონა პროდუქტზე?

ერთი ტონა ლითონური მანგანუმის მისაღებად საჭიროა:

გადასამუშავებელი დაბალფოსფორიანი წილა (48% Mn)
- 2087 კგ

გადასამუშავებელი სილიკომანგანუმი — 650 კგ

კირი ————— 1631 კგ

ელექტროენერგია ————— 2590 კვტ.სთ

• როგორია ელემენტების განაწილება ლითონური მანგანუმის გამოდნობისას?

ელემენტების განაწილებას აქვს შემდეგი სახე:

| საკაზმე მასალა | ელემენტი | გადადის, % | | |
|----------------------|----------|------------|--------|-----------|
| | | ლითონში | წილაში | აორთქლება |
| დაბალფოსფორიანი წილა | Mn | 46,5 | 45 | 8,5 |
| სილიკომანგანუმი | Mn | 100 | — | — |
| დაბალფოსფორიანი წილა | Fe | 90,0 | 10 | — |
| სილიკომანგანუმი | Fe | 100 | — | — |
| კაზმი | P | 60,0 | 30 | 10 |

• რა ქიმიური შედგენილობის წილა მიიღება ლითონური მანგანუმის გამოდნობისას?

ლითონური მანგანუმის წილას აქვს შემდეგი ქიმიური შედგენილობა: %:

| Mn | SiO ₂ | CaO | MgO | Al ₂ O ₃ | P |
|-------|------------------|-------|---------|--------------------------------|-------------|
| 13-15 | 27-29 | 44-45 | 3,1-3,3 | 1-3,5 | 0,003-0,005 |

- რისი ტოლია ლითონური მანგანუმის წილის ჯერადობა?

ჯერადობა დამოკიდებულია მიღებული ლითონის მარკაზე და იგი 3,6–4,0 ინტერვალში მერყეობს.

- სად გამოიყენება ლითონური მანგანუმის წილა?

ლითონური მანგანუმის გადასაყრელი წილა დანაჭროვნების შემდეგ შეიძლება გამოყენებულ იქნეს მანგანუმიანი ფეროშენადნობების წარმოებასა და ფოლადის გამოდნობისას. დადგენილია, რომ ელექტროდუმელებში ფოლადის გამოდნობისას, კირის ნაცვლად აღნიშნული წილის გამოყენება, მანგანუმიანი ფეროშენადნობების ეკონომიას უზრუნველყოფს.

2.5. აზოტირებული მანგანუმი

- აჩვენეთ აზოტირებული მანგანუმის მარკები.

ცნობილია აზოტირებული მანგანუმის შემდეგი მარკები:

| მარკა | საწყისი მანგანუმი | Mn არა ნაკლები | C | Si | P | S | N |
|---------|-------------------|----------------|------------|-----|-------|------|-------------|
| | | | არა უმეტეს | | | | არა ნაკლები |
| MH 92H6 | ელექტროლიტური | 92,0 | 0,10 | – | 0,005 | 0,10 | 6,0 |
| MH 87H6 | ელექტრო-თერმიული | 87,0 | 0,20 | 1,8 | 0,07 | 0,05 | 6,0 |
| Mn 89H4 | | 89,0 | 0,20 | 1,8 | 0,07 | 0,05 | 4,0 |
| Mn 91H2 | | 91,0 | 0,20 | 1,8 | 0,07 | 0,05 | 2,0 |

- რა სისტემისგან შედგება აზოტირებული მანგანუმი?

აზოტირებული ლითონური მანგანუმი შედგება Mn - N ორკომპონენტიანი სისტემისაგან, რომელშიც წარმოიქმნება შემდეგი ნიტრიდები: Mn_4N (5,99% N), Mn_5N_2 (9,2 - 11,92%N), Mn_3N_2 (13,5 - 15%N) და სხვა.

- სად გამოიყენება აზოტირებული მანგანუმი?

აზოტირებული მანგანუმი სხვადასხვა მარკის ფოლადის გამოსადნობად გამოიყენება. აუსტენიტური კლასის კოროზიამედეგ ფოლადებში აზოტი გარკვეულ წილად ნიკელსაც ცვლის.

- **როგორია აზოტირებული მანგანუმის წარმოების ტექნოლოგია?**

აზოტირებული მანგანუმის მყარფაზიანი წარმოების ტექნოლოგია შემდეგში მდგომარეობს: ბურთულებიან წისქვილში აზოტის ატმოსფეროში მიღებულ 2–0 მმ-მდე დამსხვრეულ მანგანუმის ფხვნილს ყრიან ქვეშში და ათავსებენ 200⁰C-მდე მახურებელ ვაკუუმურ ღუმელში. 133,3 პასკალამდე გაიშვიათებისა და 800⁰C-მდე გახურების შემდეგ, ღუმელში აწვდიან მოლეკულურ აზოტს (99% N₂). იზოთერმული დაყოვნების ტემპერატურა შეადგენს 900 – 950⁰C-ს. პროცესის ეგზოთერმულობის შედეგად ხდება ფხვნილის შეცხობა. მასის გაციება წარმოებს აზოტის გარემოში.

- **რამდენ ხანს გრძელდება აზოტირების პროცესი?**

აზოტირების პროცესი გრძელდება 70 საათს.

- **რომელ ტემპერატურაზე მიიღება შეცხობილი მასის სასურველი სიმტკიცე?**

შეცხობილი მასის სასურველი სიმტკიცე მიიღება 750–900⁰C ტემპერატურულ ინტერვალში ჩატარებული აზოტირებისას.

- **რას უდრის შეცხობილი მასის სიმკვრივე?**

შეცხობილი მასის სიმკვრივე აღწევს 5,9–6,4 გ/სმ³-ს.

- **რა რაოდენობის საკაზმე მასალებია საჭირო ერთი ტონა აზოტირებული მანგანუმის მისაღებად?**

ერთი ტონა სასაქონლო აზოტირებული მანგანუმის მისაღებად იხარჯება:

ლითონური მანგანუმი ——— 1030 კგ
 აზოტი ————— 150 მ³
 ელექტროენერგია ————— 1180 კვტ.სთ

• რამდენია მანგანუმის სასარგებლო გამოყენება აზოტირებული მანგანუმის მიღებისას?

მანგანუმის სასარგებლო გამოყენება 97%-ს აღწევს.

• როგორია აზოტირებული სილიკომანგანუმის ქიმიური შედგენილობა?

აზოტირებას უკეთებენ სილიკომანგანუმსაც, რომლის ქიმიური შედგენილობაა:

| მარკა | Mn, არა ნაკლები | N | Si | C, არა უმეტეს |
|--------|--------------------|---------|------|------------------|
| CMH 7H | 60,0 | 7,1 | 9–17 | 3,5 |
| CMH 5H | 60,0 | 4,0–7,0 | 9-17 | 3,5 |

საერთოდ აზოტირების მყარფაზიანი მეთოდი უნივერსალურია და შეიძლება სხვა ფეროშენადნობებისათვის იქნეს გამოყენებული.

3. სილიციუმის ფეროშენადნობები

- ჩამოთვალეთ ფეროსილიციუმის მარკები

ფეროსილიციუმის მარკებია (DCTY 4127 - 2002 მიხედვით)

ΦC90, ΦC 70, ΦC65, Φ C45, ΦC 25, ΦC 20, ΦC15 და ΦC10. ΦC ნიშნავს ფეროსილიციუმს, ხოლო ციფრები სილიციუმის რაოდენობას აღნიშნავენ.

- რა ფიზიკო-ქიმიური თვისებებით ხასიათდება სილიციუმი?

სილიციუმი ლითონური ბზინვარების მქონე მყარი და ადვილად მსხვრევადი არალითონია. იგი შემდეგი ფიზიკო-ქიმიური თვისებებით ხასიათდება:

- ატომური წონა – 26,086
- სიმკვრივე 20⁰C -ზე – 2370 კგ/მ³
- ვალენტობა – 2; 4.
- დნობის ტემპერატურა – 1414⁰C
- დუღილის ტემპერატურა – 2287⁰C

- სილიციუმის რამდენი ალოტროპული ფორმა არსებობს?

სილიციუმის ორი ალოტროპული ფორმა არსებობს:

- 1) ამორფული (შავი ფერის), რომელიც ელექტროგაუმტარია და
- 2) კრისტალური (ფოლადის ფერის), რომელიც დენს ატარებს.

- **რა სახის ოქსიდებს წარმოქმნის სილიციუმი ჟანგბადთან?**

სილიციუმი ჟანგბადის მიმართ აქტიური ელემენტია. იგი ჟანგბადთან წარმოქმნის მყარ ოქსიდს – სილიციუმის ორჟანგს (SiO_2) და არამდგრად მაღალტემპერატურულ ფორმას - სილიციუმის მონოოქსიდს (SiO). ცნობილია აგრეთვე არამდგრადი ოქსიდები Si_2O_3 და Si_3O_4 .

- **რა მდგომარეობაში გვხვდება კაჟმიწა (SiO_2)?**

კაჟმიწა (SiO_2) შეიძლება იყოს ამორფული და კრისტალურ მდგომარეობაში. გახურებისას ამორფული ფორმა კრისტალურში გადადის.

- **კრისტალური კაჟმიწის რამდენი მოდიფიკაციაა ცნობილი?**

ცნობილია კრისტალური კაჟმიწის სამი მოდიფიკაცია (კვარცი, ტრილიმიტი და კრისტობალიტი). გახურებით ეს მოდიფიკაციები ერთმანეთში გადადის

α კვარცი \rightarrow β კვარცი \rightarrow ტრილიმიტი \rightarrow კრისტობალიტი
მყარია $570 - 870^\circ\text{C}$ 1470°C - მდე 1713°C - მდე

- **რამდენია SiO_2 -ის დნობის ტემპერატურა?**

SiO_2 -ის დნობის ტემპერატურაა 1713°C .

- **Fe-Si სისტემაში რომელი სილიციდებია ცნობილი?**

Fe-Si სისტემაში ცნობილია შემდეგი სილიციდები:
 Fe_3Si ; Fe_2Si ; FeSi და FeSi_2

3.1. ფეროსილიციუმი

- რა საკაზმე მასალები გამოიყენება ფეროსილიციუმის გამოსადნობად?

ფეროსილიციუმის მისაღებად გამოიყენება კვარციტი, კოქსი და რკინის ბურბუშელა.

- რკინის ბურბუშელას ნაცვლად რატომ არ იყენებენ რკინის შემცველ სხვა მასალებს (მადანი, აგლომერატი, გუნდები)?

რკინის ბურბუშელის გამოყენების აუცილებლობა განპირობებულია იმით, რომ რკინის ოქსიდები დაბალ ტემპერატურაზე ადვილად რეაგირებენ SiO_2 -თან და წარმოქმნიან ადვილდნად სილიკატებს. თუ კი $\text{SiO}_2 + 2\text{C} = \text{Si} + 2\text{CO}$ რეაქციით ადღგენის თეორიული ტემპერატურა (როცა $\Delta G^\circ_T = 0$) 1669°C -ს შეადგენს, $\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ ნაერთის ევტექტიკური ტემპერატურა მხოლოდ 1178°C -ის ტოლია, ე.ი. რკინის ბურბუშელის სხვა მასალებით შეცვლის შემთხვევაში ადღგენის პროცესს წინ უსწრებს გადნობის პროცესი. სილიკატური ნაღლის წარმოქმნა მკვეთრად ამცირებს კაზმის კუთრ ელექტროწინააღობას, ხდება კაზმის კომპონენტების განშრევება, რითაც უარესდება ღუმელის ტექნოლოგიური მაჩვენებლები.

- როგორია ფეროსილიციუმის გამოდნობის პროცესი?

ფეროსილიციუმის გამოდნობის პროცესი არის უწყვეტი და უწილო.

- რა სიმძლავრის ღუმელებში ხდება ფეროსილიციუმის გამოდნობა?

ფეროსილიციუმს ადნობენ 22,5 – 63 მკა სიმძლავრის ღია და დახურული ტიპის ელექტრო ღუმელებში. ღუმელი ნახშირის ბლოკებითაა ამოგებული.

- როგორია საკაზმე მასალების გრანულომეტრიული შედგენილობა?

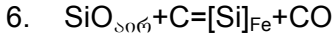
გრანულომეტრიული შედგენილობა საკაზმე მასალებისა არის შემდეგი:

1. კვარციტი ($\text{SiO}_2 \geq 97\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 \leq 1,5\%$) - 20 - 80 მმ
2. კოქსწვრილა 5 – 20 მმ

- რა შესაძლო რეაქციები შეიძლება განვითარდეს Fe - Si - O - C სისტემაში?

Fe - Si - O - C სისტემაში შეიძლება ადგილი ჰქონდეს შემდეგ რეაქციებს:

1. $\text{SiO}_2 + \text{C}_{\text{მყ}} = \text{SiO}_{\text{აირ}} + \text{CO}$
2. $2\text{SiO}_2 + \text{SiC}_{\text{მყ}} = 3\text{SiO}_{\text{აირ}} + \text{CO}$
3. $\text{SiO}_{\text{აირ}} + 2\text{C}_{\text{მყ}} = \text{SiC}_{\text{მყ}} + \text{CO}$
4. $2\text{SiO}_{\text{აირ}} + [\text{Si}]_{\text{Fe}} = 2\text{SiO}_{\text{აირ}}$
5. $\text{SiO}_{\text{აირ}} + \text{SiC}_{\text{მყ}} = 2[\text{Si}]_{\text{Fe}} + \text{CO}$



• რა მაჩვენებლებით შეიძლება შეფასდეს ღუმელის ნორმალური მუშაობა?

ღუმელის ნორმალური მუშაობისას:

1. კაზმი თანაბრად მიეწოდება ღუმელს;
2. ელექტროდები ღრმად ჩადის კაზმში;
3. თაღის ქვეშ ჭარბი წნევა 2,0 – 5,0 პასკალს აღწევს;
4. ტემპერატურა თაღის ქვეშ არ აღემატება 500 – 600°C-ს;
5. საკერძე აირში წყალბადისა და ჟანგბადის შემცველობა შესაბამისად არ აღემატება 5 და 1,0 %-ს;
6. გამავალი აირების რაოდენობა არის მუდმივი.

• რას იწვევს კაზმში აღმდგენელის რაოდენობის ცვლილება?

კაზმში აღმდგენელის რაოდენობის ნაკლებობისას:

1. დენი იწყებს რხევას;
2. ელექტროდების ჩაჯდომა არ არის მყარი;
3. აირების გამოყოფა მხოლოდ ელექტროდების გარშემო ხდება;
4. კაზმის შეცხობის ინტენსიობა იზრდება;
5. ღარიდან გადმოდის სქელი წიდა;
6. საკერძის ტემპერატურა 500 – 600°C-დან 1000 – 1200°C-მდე იზრდება;

თუ კაზმში აღმდგენელის ნაკლებობა დიდხანს გაგრძელდა წიდა საერთოდ აღარ გამოვა ღუმელიდან.

დნობის ნორმალური რეჟიმის აღსადგენად აუცილებელია გასწორდეს კაზმის შედგენილობა და ამავდროულად ელექტროდების ქვეშ ღუმელს მიეწოდოს მსუბუქი ულუფა (აღმდგენელის სიჭარბით) ან შეიცვალოს სამუშაო ძაბვა.

კაზმში აღმდგენელის რაოდენობის სიჭარბისას:

1. ელექტროდები მაღლა იწევენ;
2. ადგილი აქვს ელექტროდებთან კაზმის ჩაყარდნას;
3. ელექტრორკალი ხმაურობს;
4. ლითონი და წიდა ცუდად გამოედინება ღუმელიდან.

• **რა რაოდენობისა და ქიმიური შედგენილობის წიდა მიიღება ფეროსილიციუმის გამოდნობისას?**

ფეროსილიციუმის გამოდნობისას წიდის რაოდენობა თხევადი მასის 3–5%-ს შეადგენს. წიდა შემდეგი ქიმიური შედგენილობით ხასიათდება: 48–50% SiO_2 , 20–25% Al_2O_3 , 15–18% CaO , 10–15% SiC

• **რა როლს ასრულებს რკინა ფეროსილიციუმის გამოდნობისას?**

კაზმში რკინის არსებობა მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს სილიციუმის აღდგენის პროცესს, რადგანაც აღდგენილი სილიციუმი რკინაში იხსნება და ხდება მისი დალექვა. ამიტომ რკინას „დამლექსაც“ უწოდებენ.

• **როგორ ხდება ღუმელიდან ლითონისა და წიდის გამოშვება?**

ლითონსა და წიდას ღუმელიდან ერთი ხვრელის საშუალებით უშვებენ შამოტის აგურით ამოგებულ ციცხვში (38–40% Al_2O_3 , 50–55% SiO_2).

• რა მასალისგან მზადდება ღუმელის ხვრელის ჩასაკეტი „კონუსი“?

კონუსი მზადდება კოქსისა (ან ნახშირბადოვანი მასის) და ცეცხლგამძლე თიხის (50% SiO_2 , 35% Al_2O_3 , 1,5% TiO_2 , 0,5% CaO დანარჩენი H_2O) შერევით. გამოყენების წინ „კონუსის“ გამოწვასაც ახდენენ.

• რამდენჯერ ახდენენ ცვლაში ღუმელიდან ფეროსილიციუმის გამოშვებას?

როგორც პრაქტიკამ აჩვენა ფეროსილიციუმის გამოშვების რიცხოვნობას განსაზღვრავს ერთ ტონა ლითონზე დახარჯული ელექტროენერგიის რაოდენობა, ე.ი. ფეროსილიციუმის მარკა (იხ. ცხრილი)

| ფეროსილიციუმი ს მარკა | ΦC 20 | ΦC 25 | ΦC 45 | ΦC 65 | ΦC 75 |
|--|-------|-------|--------------|--------------|--------------|
| ელ-ენერგიის ხვედრითი ხარჯი კვტ. სთ/ტ | 2180 | 2820 | 4700 5200 | 7500 8000 | 8800 9500 |
| გამოშვების რა-ბა ცვლაში | 6–8 | 6–8 | 5–6 | 4–5 | 4–5 |

• როგორია გამოშვებული ლითონის ტემპერატურა?

ღუმელიდან გამოსული ფეროსილიციუმის ტემპერატურა 1650–1750⁰C-ს შეადგენს, ამიტომაც შენადნობის ტემპერატურის დაწვევის მიზნით ციცხეში გარკვეული პერიოდით ხდება ფეროსილიციუმის დაყოვნება.

- **სად ახდენენ ფეროსილიციუმის ჩამოსხმას?**

ფეროსილიციუმის ჩამოსხმას ახდენენ ლენტური ტიპის კონვეიერულ მანქანაზე.

- **როგორია საკაზმე მასალების ხარჯი ერთ ტონა ლითონზე?**

ერთი ტონა ფეროსილიციუმის მისაღებად საჭიროა, კვ:

| ფეროსილიციუმი | ΦC 20 | ΦC 25 | ΦC 45 | ΦC 65 | ΦC 75 |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| კვარციტი | 370 | 552 | 931 | 1567 | 1930 |
| რკინის ბურბუშელა | 810 | 780 | 658 | 343 | 250 |
| კოქსწვრილა | 200 | 280 | 438 | 720 | 845 |
| ელექტროდების მასა | 10 | 8 | 16 | 43,3 | 54 |
| ელ.ენერგიის ხარჯი, | 2100 | 2750 | 4800 | 74,0 | 8800 |
| კვტ.სთ/ტ | | | | | |
| სილიციუმის ამოკრეფა, | 94,3 | 98,5 | 98,2 | 92,1 | 91,8 |
| % | | | | | |

- **რა მეთოდებით ახდენენ ფეროსილიციუმის რაფინირებას ალუმინისაგან?**

იმის გათვალისწინებით, რომ ფეროსილიციუმის ზოგიერთ მარკაში ალუმინის შემცველობა არ უნდა აღემატებოდეს 0,1%-ს, აუცილებელი ხდება ლითონიდან ალუმინის ამოწვა.

ალუმინის რაფინირების ორი მეთოდია ცნობილი:

1. ერთი მეთოდი ითვალისწინებს რკალურ (ან ინდუქციურ) ღუმელში თხევადი ფეროსილიციუმიდან ალუმინის რაფინირებას თიხამიწით გამდიდრებული წილით (CaO-SiO_2 სისტემის).

2. მეორე მეთოდი ითვალისწინებს ციცხვში თხევადი ფეროსილიციუმის წიდაწარმომქმნელი ნარევეთ რაფინირებას. წილისწარმომქმნელად გამოყენებულია კირი, კვარციტის ფხვნილი, რკინის მადანი და მლღობი შპატი (CaF_2).

• რა უარყოფითი მხარე აქვს ალუმინის რაფინირების მეთოდს?

ღუმელში რაფინირებისას კლებულობს სილიციუმის შემცველობა შენადნობში, ამასთან მაღალია ელექტროენერჯის ხვედრითი ხარჯი (1400 – 1500 კვტ. სთ/ტ).

3.2. კრისტალური სილიციუმი

- რა მარკები არსებობს კრისტალური სილიციუმის და როგორ მიიღება იგი?

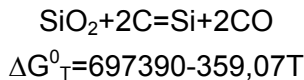
არსებობს კრისტალური სილიციუმის შემდეგი მარკები:

| მარკა | Si არანაკლები | ა რ ა უ მ ე ტ ე ს | | | |
|-------|------------------|-------------------|-----|-----|--------------|
| | | Fe | Al | Ca | Fe + Al + Ca |
| Kp 00 | 99,0 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 1,0 |
| Kp 0 | 98,8 | 0,5 | 0,6 | 0,4 | 1,2 |
| Kp 1 | 98,0 | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 2,0 |
| Kp 2 | 97,0 | 1,0 | 1,2 | 0,8 | 3,0 |
| Kp 3 | 96,0 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 4,0 |

კრისტალური სილიციუმი მიიღება რკალურ ელექტროლუმელში კვარციდან ან კვარციტიდან ნახშირბადით სილიციუმის აღდგენით.

- აჩვენეთ სილიციუმის აღდგენის რეაქცია თავისი თერმოდინამიკური მახასიათებლებით.

სილიციუმის აღდგენა შემდეგი რეაქციით მიმდინარეობს:



- რას უდრის ამ რეაქციის დაწყების თეორიული ტემპერატურა?

სილიციუმის აღდგენის თეორიული ტემპერატურა 1942 K (1669°C) შეადგენს.

- სად გამოიყენება კრისტალური სილიციუმი?

კრისტალური სილიციუმი გამოიყენება სილიციუმ-სპილენძის შენადნობში, სინთეტიკურ აღუმინოსილიციუმთან შენადნობში (სილუმინები), ასევე სპეციალური ფოლადებისა და შენადნობების განჟანგვისა და ლეგირებისათვის. Kp 00 მარკას ნახევარ გამტარების მისაღებადაც იყენებენ.

- რა საკაზმე მასალები გამოიყენება კრისტალური სილიციუმის მისაღებად?

კრისტალური სილიციუმის გამოსადნობად გამოიყენება;

1. კვარციტი (20-50 მმ);
2. ხის ნახშირი (5-15 მმ);
3. ნავთობის კოქსი და
4. აირული ნახშირი (5-15 მმ).

- რა პერიოდით ახდენენ ნადნობის გამოშვებას?

კრისტალური სილიციუმის გამოშვება ხდება უწყვეტად, რათა თავიდან იქნეს აცილებული მეორადი კარბონიზაციის პროცესი.

- რა რაოდენობის საკაზმე მასალებია საჭირო ერთი ტონა კრისტალური სილიციუმის მისაღებად?

16,5 მვა სიმძლავრის ღუმელში კრისტალური სილიციუმის გამოდნობისას (ცვლადი დენის შემთხვევაში) ერთი ტონა პროდუქციის მისაღებად იხარჯება;

1. კვარციტი — 2540 კგ
2. ხის ნახშირი — 1310 კგ
3. ნავთობის კოქსი — 150 კგ
4. აირული ნახშირი — 240 კგ
5. ელ.ენერგია — 11,2 – 12,2 მგვ.სთ

• კრისტალური სილიციუმის მიღებისას როგორია კაზმიდან ელემენტების ამოკრეფა ?

ელემენტების ამოკრეფა არის შემდეგი:

Si – 78 - 85%; Al – 50 - 55%; Ca – 35 - 40%; Mg – 30 - 35%; Fe – 95 -98%.

• რა შედგენილობის აირი გამოიყოფა კრისტალური სილიციუმის გამოდნობისას?

კრისტალური სილიციუმის გამოდნობისას გამოყოფილი აირი შეიცავს:

CO – 80 - 85%; CO₂ – 4 - 8%; CH₄ – 1 - 3%; H₂O – 0,1 - 1%; N₂ 1 – 4%; H₂ – 1 - 3%.

აღნიშნული აირი გაწმენდამდე მტკვრსაც შეიცავს (SiO₂ 80%; Al₂O₃ 2-4%; Fe₂O₃ 0,1-0,2%; CaO 1-2%; C 7-8%).

• რა რაოდენობის აირი წარმოიქმნება კრისტალური სილიციუმის გამოდნობისას?

გამოყოფილი აირის რაოდენობა შეადგენს 120 000 მ³/დღე-ღამეში (22,5 მვა სიმძლავრის ღუმელში).

- რა რაოდენობის წილა მიიღება კრისტალური სილიციუმის გამოდნობისას?

მიღებული წილის რაოდენობა შეადგენს მთლიანი მასის 3-8%-ს.

- რა ქიმიური შედგენილობისა კრისტალური სილიციუმის წილა?

კრისტალური სილიციუმის გამოდნობისას მიღებულ წილას აქვს შემდეგი ქიმიური შედგენილობა, %: 30-50% SiO₂; 10-30% Si; 8-15% SiO; 10-40% SiC; 0,5-1,0% Fe₂O₃; 12-15% Al₂O₃; 20-30% CaO.

- სად გამოიყენება აღნიშნული წილა?

კრისტალური სილიციუმის გამოდნობისას მიღებული წილა გამოიყენება ფოლადის განუანგვისათვის (ღუმელში, ციცხვში ან ბოყვებში), აგრეთვე სილიციუმისანი ფერო-შენადნობების მისაღებად.

- გადამუშავების რა სტადიებს გადის კრისტალური სილიციუმი მომხმარებელთან მიწოდებამდე?

ბოყვებში უწყვეტად გამოშვების შემდეგ, ნაღობი განიცდის კრისტალიზაციას, მიღებულ სხმულს ამსხვრევენ და სასაქონლო პროდუქციას წილისგან განაცალკევების შემდეგ უზაენიან მომხმარებელს.

- როგორ ახდენენ მიღებული ნაღობის რაფინირებას?

კრისტალური სილიციუმის რაფინირებას ახდენენ გამახურებელ ციცხვებში ტუტემიწა ლითონების მარილე-

ბის (NaCl , Na_3AlF_6 და სხვ) გამოყენებით. რაფინირების პროცესში ალუმინის შემცველობა 0,3–0,45%-დან 0,10–0,20 %-მდე მცირდება, ხოლო კალციუმის 0,6–1,0%-დან 0,2 – 0,4%-მდე.

- რა უპირატესი მაჩვენებლებით ხასიათდება მუდმივი დენით კრისტალური სილიციუმის გამოდნობის ტექნოლოგია ცვლადი დენით გამოდნობასთან შედარებით?

მუდმივი დენით ღუმელის მუშაობისას 15–20%-ით ნაკლები ძვირადღირებული ელექტროდი იხარჯება, ამასთან მცირდება ელექტროენერგიის ხვედრითი ხარჯი, იზრდება სასაქონლო სილიციუმის ხარისხი და უმჯობესდება მომსახურე პერსონალის შრომის პირობები.

3.3. სილიციუმის კარბიდი

- სად გამოიყენება სილიციუმის კარბიდი (კარბორუნდი)?

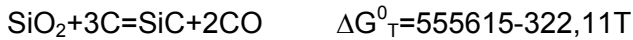
კარბორუნდი (SiC), როგორც მაღალი მიკროსიმამრის მქონე ხელოვნური სალი მასალა, ფართოდ გამოიყენება ლითონების დამუშავებისას და მეტალურგიულ წარმოებაში ლითონური პროდუქციის გასაწმენდათ, აგრეთვე ცეცხლგამძლე მასალების დასამზადებლად.

- ბუნებაში რა სახით გვხვდება სილიციუმის კარბიდი?

ბუნებაში სილიციუმის კარბიდი გავრცელებულია მინერალ მუასანიტის (SiC) სახით. ეს მინერალი აღმოჩენილ იქნა ირკუტსკის ოლქსა (1956 წ.) და დნეპროვსკი-დონეცკის გორაკებში (1965 წ.).

- როგორ იღებენ სილიციუმის ხელოვნურ კარბიდს?

სილიციუმის ხელოვნურ კარბიდს ღებულობენ SiO₂-ის ნახშირბადით აღდგენით:



- რისი ტოლია P_{co}=100 კპა წნევის პირობებში აღნიშნული რეაქციის ნულთან ტოლობის ტემპერატურა (ΔG⁰_T=0)?

კარბიდის წარმოქმნის (ΔG⁰_T=0) თეორიული ტემპერატურა 1725 K-ს შეადგენს.

- რა თვისებებით ხასიათდება სილიციუმის კარბიდი?

სილიციუმის კარბიდის სიმკვრივეა 3,22 გ/სმ³, წარმოქმნის სითბო ΔH⁰₂₉₈=66,16 კჯ/მოლი.

- რა ფერისაა კარბორუნდი?

არსებობს შავი და მწვანე ფერის კარბორუნდი, რომელსაც წარმოების მაშტაბით ელექტრო ღუმელებში იღებენ.

- რა საკაზმე მასალები გამოიყენება კარბორუნდის მისაღებად?

კარბორუნდის მისაღებად გამოიყენება კოქსი და კვარცის ფხვნილი. ამასთან მწვანე კარბორუნდის მისაღებად კაზმს ნატრიუმის ქლორიდსაც უმატებენ.

- **რა ახდენს მავნე ზემოქმედებას კარბორუნდზე?**

კარბორუნდის მიღებაზე მავნე გავლენას ახდენს კვარცის ფხვნილში არსებული თიხამიწა. ამიტომაც კვარცის ფხვნილს გამოყენებამდე გულდასმით რეცხავენ. თუმცა არ არის გამორიცხული ნარჩენი თიხამიწიდან და აღმდგენელის ნაცრიდან კომპლექსური კარბიდებიც (Al_4SiC და Al_4CSi_4) წარმოიქმნას რომლებიც მაღალ ტემპერატურაზე დისოციაციით წარმოქმნიან SiC-ს, Al-სა და C-ს.

- **რა ტიპის ღუმელებში ხდება კარბორუნდის მიღება?**

კარბორუნდი მიიღება ელექტროწინაღობის ღუმელში, რომელიც წარმოადგენს მოძრავ ბაქანს და რომლის ბოლოებშიც განლაგებულია დენგამტარი ნახშირის ელექტროდები.

- **როგორია აღნიშნული ღუმელის მუშაობის პრინციპი?**

ბაქანის ფსკერზე ყრიან ნაბრუნს, კვარცის ფხვნილს და შემდეგ აწყობენ ნაჭროვანი ნავთობკოქსის კერნს, რომელსაც ზემოდან აყრიან სარეაქციო კაზმს. კერნი საწყის პერიოდში სამუშაო წინაღობასაც წარმოადგენს.

• რა რაოდენობის საკაზმე მასალები იხარჯება ერთი ტონა კარბორუნდის მისაღებად?

ერთი ტონა კარბორუნდის მისაღებად საჭიროა:

კვარცის ფხენილი— 1750 /2000 კგ

ანტრაციტი ————— 900 /700 კგ

ნავთობკოქსი ————— 300 /600 კგ

ხის ნახერხი ————— 170 /370 კგ

სუფრის მარილი (NaCl) —1230 კგ

ელ-ენერგია ——— 8200 /10000 კვტ-სთ

(მრიცხველი შავი კარბორუნდის შემთხვევაა, ხოლო მნიშვნელი მწვანესი).

• რა მოთხოვნები წაყენება საკაზმე მასალებს?

კვარცის ფხენილი უნდა იყოს სუფთა მინარეგებისაგან და იგი საშუალოდ უნდა შეიცავდეს 99,6% SiO₂-ს, 0,3% FeO-ს, 0,07% Al₂O₃-ს, 0,04% CaO-ს, 0,03% MgO-ს, 0,02% TiO₂-ს.

აღმდგენელად შეიძლება გამოყენებული იქნეს მხოლოდ მცირე ნაცრიანი ნახშირბად აღმდგენლები ანტრაციტი (ნაცრიანობა 3%, Cმყ-93%) და ნავთობკოქსი (ნაცრიანობა 0,8%, Cმყ-94%, აქროლადები 5%, სინესტე 3%).

• რა რაოდენობით მიეწოდება კაზმი ღუმელს და როგორ აკონტროლებენ კარბორუნდის მიღების პროცესს?

ღუმელში ტვირთავენ 50–65 ტ კაზმს და 3200-4500 კგ კერნს; კარბორუნდის მიღების პროცესს ძირითადად აკონტროლებენ დახარჯული ელექტრო ენერგიის რაოდენობით. მაგალითად, 3500 კვტ სიმძლავრის ტრანსფორმატორის შემთხვევაში კარბორუნდის მიღების პროცესი

დამთავრებულად ითვლება თუ კი ელექტროენერჯის ხარჯი 65-70 მგტ.სთ-ს შეადგენს.

- რა დრო სჭირდება ღუმელის გაციებას?

ღუმელს აციებენ 24–32 საათის განმავლობაში.

- რით შეიძლება დაიშალოს კაზმში არსებული სილიციუმის კარბიდი?

ფეროსილიციუმის გამოდნობისას კაზმში არსებული სილიციუმის კარბიდი ადვილად იშლება ლითონური რკინით $\text{SiC} + \text{Fe} = [\text{Si}]_{\text{Fe}} + \text{C}_{\text{მყ}}$

- რამდენ ხანს გრძელდება სილიციუმის კარბიდის ლითონური რკინით დაშლის პროცესი?

რკინის მეშვეობით სილიციუმის კარბიდის დაშლის რეაქცია მანამ მიმდინარეობს, სანამ შენადნობში სილიციუმის შემცველობა 23–24%-ს არ მიაღწევს. ამ შემთხვევაში ადგილი აქვს წონასწორობაში მყოფ სილიკოკარბიდის ($\text{Fe}_5\text{Si}_3\text{C}_x$) წარმოქმნას.

- რა პრინციპით ახდენენ კრისტალური სილიციუმის მომხმარებელთან მიწოდებას?

ნატუროვან SiC-ს შემდგომი გადამუშავების მიზნით სხვადასხვა კლასის სალი მარცვლების დასამზადებლად იყენებენ. 70%-მდე SiC-ს შემცველობის წანაზარდებს კი ფეროსილიციუმის გამოდნობისას, ცეცხლგამძლე მასალების წარმოებაში, ნახშირბადოვანი მასის მისაღებად და სხვა დანიშნულებით იყენებენ.

4. ქრომიანი ფეროშენადნობები

- დაახასიათეთ ქრომი.

ატომური წონა 51,996
დნობის ტემპერატურა 1870⁰C
დუღილის ტემპერატურა 2469⁰C
სიმკვრივე 7,19 გ/სმ³
ვალენტობა 2, 3 და 6

- ჩამოთვალეთ ქრომის კარბიდები.

ქრომი ნახშირბადთან შემდეგ კარბიდებს წარმოქმნის:
Cr₂₃C₆; Cr₇C₂₃; Cr₃C₂ და CrC.

- ჩამოთვალეთ ქრომის სილიციდები.

Cr-Si სისტემაში წარმოიქმნება შემდეგი თერმოდინამიკურად მდგრადი სილიციდები: Cr₃Si; Cr₅Si₃; CrSi და CrSi₂.

- ჩამოთვალეთ ქრომის ფოსფიდები.

Cr-P სისტემაში წარმოიქმნება შემდეგი ფოსფიდები: Cr₃P; Cr₂P; CrP; CrP₂ და სხვა.

- ჩამოთვალეთ ქრომის სულფიდები.

Cr-S სისტემაში არსებობს სტაბილური (CrS, Cr₃S₄ და Cr₂S₃) და მეტასტაბილური (Cr₇S₈ და Cr₃S₆) სულფიდები.

- ჩამოთვალეთ ქრომის ოქსიდები.

Cr-O სისტემაში ცნობილია შემდეგი ოქსიდები: CrO₃, Cr₂O₃, Cr₃O₄, CrO.

- **CaO-Cr₂O₃** სისტემაში რა სახის ნაერთები შეიძლება წარმოიქმნას?

აღნიშნულ სისტემაში შეიძლება წარმოიქმნას კალციუმის ქრომიტოქრომიტი ($\text{CaO} \cdot 4\text{CrO}_3 \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$, დნობის ტემპერატურაა 1774°C) და ქრომატი CaCrO_4 .

- **CaO-SiO₂** სისტემაში ქრომის რა სახის ნაერთები შეიძლება წარმოიქმნას?

ამ სისტემაში მხოლოდ ერთი ნაერთი ქრომის ორთოსილიკატი ($2\text{CrO} \cdot \text{SiO}_2$ იგივე Cr_2SiO_4) შეიძლება წარმოიქმნას.

- არსებობს თუ არა დედამიწის ქერქში ქრომი თავისუფალი სახით?

დედამიწის ქერქში ქრომი თავისუფალი სახით არ არსებობს, თუმცა სუფთა სახით იგი მეტეორიტშია აღმოჩენილი.

- რა მინერალების სახითაა გავრცელებული ქრომი მადნებში?

მადნებში ქრომი გავრცელებულია შემდეგი მინერალების სახით: მაგნიტოქრომიტი ($(\text{Mg}, \text{Fe})\text{O} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$); ქრომიპიკოტიტი $(\text{Mg}, \text{Fe})\text{O} \cdot (\text{Cr}, \text{Al})_2\text{O}_3$ და ალუმინოქრომიტი $\text{FeO} \cdot (\text{Cr}, \text{Al})_2\text{O}_3$.

- დსთ-ს რომელ ქვეყნებშია ქრომის მადანი?

ქრომის მადანი აქვს ყაზახეთს (Cr_2O_3 45-65%) და რუსეთს (Cr_2O_3 33-39%).

- რა მოთხოვნებს უნდა აკმაყოფილებდეს ყაზახეთის მადნები?

ყაზახეთის ქრომის მადნები შემდეგ ქიმიურ შედგენილობას უნდა აკმაყოფილებდეს:

| მადნის მარკა | DX-1-1 | DX-1-2 |
|--|--------|--------|
| Cr ₂ O ₃ ; % (არა ნაკლები) | 50 | 47 |
| SiO ₂ ; % (არა უმეტესი) | 7,0 | 10,0 |
| Cr ₂ O ₃ /FeO | 3,5 | 3,0 |
| P, % (არა უმეტესი) | 0,008 | 0,008 |

4.1. მაღალნახშირბადიანი ფეროქრომი

- რამდენ ჯგუფად იყოფა ფეროქრომი?

ფეროქრომი იყოფა სამ ჯგუფად: მაღალ, საშუალო და მცირენახშირბადიანად.

- რა დიაპაზონში იცვლება ქრომი აღნიშნულ ჯგუფებში?

ГОСТ 4751-91-ით მიხედვით ყველა ჯგუფის ფეროქრომში ქრომის რაოდენობა იცვლება:

| დასახელება | FeCr 50 | FeCr 60 | FeCr 70 | FeCr 80 | FeCr 90 |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Cr, % | 45,5-55,0 | 55,0-65,0 | 65,0-75,0 | 75,0-85,0 | 85,0-95,0 |

- ჩამოთვალეთ მაღალნახშირბადიანი ფეროქრომის მარკები ქიმიური შედგენილობის ჩვენებით.

მაღალნახშირბადიანი ფეროქრომის ქიმიური შედგენილობა არის შემდეგი (ГОСТ 4757-79):

| მარკა | Cr, არა ნაკლები | C | Si | P, არა უმეტესი | S |
|------------|--------------------|-----|------------|-------------------|------|
| ΦX 650 A | 65 | 6,5 | 2,0 | 0,03 | 0,06 |
| ΦX 650 B | 65 | 6,5 | 2,1 | 0,05 | 0,08 |
| ΦX 800 A | 65 | 8,0 | 2,0 | 0,03 | 0,06 |
| ΦX 800 B | 65 | 8,0 | 2,0 | 0,05 | 0,08 |
| ΦX 800 CA | 60 | 8,0 | 5,0 -10,0 | 0,03 | 0,03 |
| ΦX 800 C B | 60 | 8,0 | 5,0 – 10,0 | 0,05 | 0,05 |

- რა პრინციპი უდევს საფუძვლად მაღალნახშირბადიანი ფეროქრომის გამოდნობას?

მაღალნახშირბადიანი ფეროქრომი მიიღება ქრომის მადნიდან ნახშირბადით ქრომისა და რკინის ალდგენით.

- რა სიმძლავრის ღუმელებში აღნობენ მაღალნახშირბადიან ფეროქრომს და როგორია დნობის პროცესი?

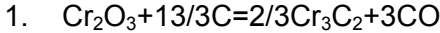
მაღალნახშირბადიანი ფეროქრომი მიიღება მაღალი სიმძლავრის (16,5-33 მვა) ელექტროღუმელებში. გამოდნობის პროცესი არის უწყვეტი.

- როგორია ღუმელის ამონაგი?

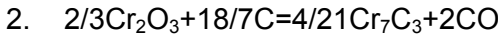
მიუხედავად იმისა, რომ მაღალნახშირბადიანი ფეროქრომი ნახშირბადალდგენითი პროცესით მიიღება, ღუმელი ამოკებულია არა ნახშირის ბლოკებით, არამედ მაგნეზიტის აგურით, რადგანაც ზოგიერთი მარკის ფეროქრომის გამოდნობისას არ ხდება ნადნობის გაჯერება ნახშირბადით.

- აჩვენეთ ოქსიდებიდან ნახშირბადით ქრომის აღდგენის ძირითადი რეაქციები.

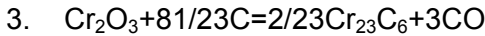
ქრომის აღდგენა შეიძლება განხორციელდეს შემდეგი შესაძლო რეაქციებით:



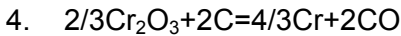
$$\Delta G^\circ_T = 730940 - 511,68T \quad (T_{\text{დაწ.}} = 1430\text{K})$$



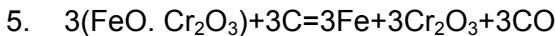
$$\Delta G^\circ_T = 511128 - 364,57T \quad (T_{\text{დაწ.}} = 1403\text{K})$$



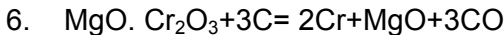
$$\Delta G^\circ_T = 749452 - 526,47T \quad (T_{\text{დაწ.}} = 1424\text{K})$$



$$\Delta G^\circ_T = 54624 - 360,8T \quad (T_{\text{დაწ.}} = 1513\text{K})$$



$$\Delta G^\circ_T = 491490 - 415,3T \quad (T_{\text{დაწ.}} = 1185\text{K})$$



$$\Delta G^\circ_T = 720350 - 465,94T \quad (T_{\text{დაწ.}} = 1546\text{K}).$$

- რა საკაზმე მასალები გამოიყენება მაღალნახშირბადიანი ფეროქრომის მისაღებად?

საკაზმე მასალებად გამოიყენება ქრომის მადანი, ნახშირბად აღმდგენელი (კოქსი, ნახევრად კოქსი, აირული ნახშირი) და მცირე რაოდენობით კვარციტი. კაზმში შეჰყავთ აგრეთვე ლითონის საკუთარი ნარჩენები; ფეროქრომი შეიძლება გამოდნობილი იქნეს ქრომის მადნის აგლომერატის ან გუნდის გამოყენებითაც.

- **რა ფუნქციას ასრულებს კვარციტი მაღალნახშირბადიანი ფეროქრომის გამოდნობისას?**

კვარციტი უზრუნველყოფს სასურველი წილის მიღებას. კერძოდ ოპტიმალური შედგენილობისაა წიდა, რომელიც 30-35% Al_2O_3 -ს, 30-35% MgO -სა და 35% SiO_2 -ს შეიცავს. ასეთი შედგენილობის წილის დნობის ტემპერატურა 1560-1680°C-ია, ხოლო სიბლანტე 3-7 პუაზი.

- **რა ულუფით აწვდიან კაზმს?**

კაზმის ულუფა შედგება:

ქრომის მადანი — 850 კგ;

საშუალონახშირბადიანი ფეროქრომის წიდა — 150 კგ;

კვარციტი — 30 კგ;

კოქსწვრილა — 215 კგ და

საკუთარი წარმოების ლითონურ ნარჩენები — 150 კგ.

- **რამდენგვარია ნახშირბადიანი ფეროქრომი?**

ნახშირბადიანი ფეროქრომი არის ორგვარი სასაქონლო და გადასამუშავებელი.

- **სად გამოიყენება გადასამუშავებელი ფეროქრომი?**

გადასამუშავებელი ფეროქრომი გამოიყენება ფოლადის და ფეროსილიკოქრომის წარმოებაში.

- **რას გავლენას ახდენს ფუძე ოქსიდების დამატება გადასამუშავებელი ფეროქრომის წიდაზე?**

ფეროქრომის წიდაში (31,96% SiO_2 ; 18,8% Al_2O_3 ; 45,5% MgO ; 1,3% Cr_2O_3 ; 0,89% CaO ; 0,77% FeO ; 0,21% S) CaO -ს

10%-მდე დამატებით, წიდა დაბალტემპერატურაზე უფრო თხიერდენადი ხდება, ამასთან მცირდება მისი დნობის ტემპერატურა და ელექტროწინააღობა.

წიდაში 1,5% Na_2O -სა და ამავე რაოდენობის K_2O -ს დამატებით, ასევე მცირდება წიდის დნობის ტემპერატურა და იზრდება თხიერდენადობის ინტერვალი.

• რა დადებითი და უარყოფითი მხარე აქვს ფეროქრომის წიდაში ფუძე ოქსიდების დამატებით გამოწვეულ ეფექტებს?

დადებითი ეფექტია ის რომ ფუძე ოქსიდების დამატება აუმჯობესებს ლითონური ჩანართების დალექვის პროცესს (წიდის მაღალი თხიერდენადობის გამო); ხოლო უარყოფითი ეფექტია ის რომ ძნელდება წიდის გადახურება სასურველ ტემპერატურამდე (მაღალი ელ. გამტარობის გამო), გარდა ამისა წიდაში ტუტემიწალითონების დამატებამ ღუმელის ამონაგიც შეიძლება დაახიანოს.

• კაზმში რომელი ოქსიდის რაოდენობრივი ცვალებადობა არღვევს ღუმელის მუშაობის ნორმალურ რეჟიმს?

ღუმელის მუშაობის ნორმალური რეჟიმი, უმეტეს წიდად ირღვევა კაზმში MgO -ს შემცველობის გაზრდით. წიდაში MgO -ს მოჭარბებული რაოდენობა აბლანტებს წიდას და მას უჭირს ღუმელიდან გამოსვლა, ამასთან ლითონში მცირდება ნახშირბადის შემცველობა და იზრდება წიდის დნობის ტემპერატურა.

- რა საშუალებით ახდენენ ფეროქრომის წიდაში **MgO**-ს რაოდენობის შემცირებას და შესაბამისად ღუმელის ნორმალური მუშაობის აღდგენას?

წიდაში MgO-ს შემცველობა შეიძლება შემცირდეს კაზმში მჟავე ფლუსის დამატებით.

- ქრომის წარმატებით აღდგენას წილის დნობის რა ტემპერატურა განაპირობებს?

ქრომი წარმატებით აღდგება, როდესაც წილის დნობის ტემპერატურა 1883-1923 K-ს ინტერვალში მერყეობს.

- რა გავლენას ახდენს აღმდგენელის რაოდენობა კაზმში ფეროქრომის გამოდნობის ტექნოლოგიურ მაჩვენებელებზე?

კაზმში აღმდგენელის სიჭარბისას ელექტროდები მალდა იწვევს, შენადნობში იზრდება სილიციუმის შემცველობა, ჩნდება თეთრი ალი და ლითონს უჭირს ღუმელიდან გამოსვლა (დაბალი ტემპერატურის გამო).

აღმდგენლის ნაკლებობისას კი პირიქით, ელექტროდები ღრმად ეშვება კაზმში, ელექტროდების გარშემო წარმოიქმნება წიდა, იზრდება შენადნობში სილიციუმის შემცველობა და წიდაში ქრომის ოქსიდების რაოდენობა.

- რა ქიმიური შედგენილობით ხასიათდება **ΦX 800** და **ΦX 900**?

აღნიშნული მარკები შემდეგი ქიმიური შედგენილობით ხასიათდება:

| მარკა | C | Cr | Si | Fe | S | P |
|--------|------|-------|------|-------|-------|-------|
| ΦX 800 | 7,88 | 71,25 | 0,24 | 20,55 | 0,044 | 0,022 |
| ΦX 900 | 8,42 | 69,23 | 0,26 | 22,02 | 0,038 | 0,018 |

• აჩვენეთ ΦX 800 და ΦX 900-ის გამოდნობისას მიღებული გადასაყრელი წილების ქიმიური შემცველობა?

ΦX 800 და ΦX 900-ის გამოდნობისას მიიღება წილა, %

| მარკა | Cr ₂ O ₃ | Cr | Fe | SiO ₂ | MgO | Al ₂ O ₃ | CaO | P | S |
|--------|--------------------------------|------|------|------------------|-------|--------------------------------|-----|--------|------|
| | საგრ | ლით | საგრ | | | | | | |
| ΦX 800 | 7,7 | 3,94 | 1,5 | 29,1 | 44,45 | 15,9 | 1,1 | 0,0017 | 0,29 |
| ΦX 900 | 6,24 | 3,20 | 1,0 | 32,6 | 44,63 | 16,3 | 1,0 | 0,0013 | 0,36 |

• რა რაოდენობის საკაზმე მასალები იხარჯება ერთი ბაზური ტონა გადასამუშავებელი ფეროქრომის მისაღებად?

ერთი ბ. ტონა ფეროქრომის მისაღებად საჭიროა; კგ:

| დასახელება | ΦX 800 | ΦX 900 |
|---|--------|--------|
| ქრომის მადანი (მშრალი, 50% Cr ₂ O ₃) | 1889,2 | 1812,2 |
| კოქსწვრილა | 210,7 | 374,1 |
| ნახევრადკოქსი | 174,44 | - |
| სილიციუმისანი ფეროშენადნობების წილა | 95,6 | 86,1 |
| კვარციტები განაცერი | - | 23,2 |
| ნარჩენები (ნაბრუნი) | 140,91 | 159,4 |
| ელექტროდების მასა | 10,83 | 11,8 |
| ელ.ენერგია, კვტ.სთ | 3965 | 3920 |

• როგორ ნაწილდება კაზმში შემავალი ელემენტები დნობის პროდუქტებში?

ელემენტების განაწილებას დნობის პროდუქტებში აქვს შემდეგი სახე:

| ელემენტი | გ ა დ ა დ ი ს, % | | |
|----------|------------------|-----------|------------|
| | ლითონში | წილაში | ნარჩენებში |
| Cr | 89,2/91,8 | 7,6/5,55 | 3,2/6,55 |
| Si | 1,5/1,7 | 87,2/93,3 | 10,9/10,2 |
| S | 13,8/9,5 | 95,4/86,7 | 7,9/8,4 |
| P | 82,2/82,5 | 6,8/5,6 | 2,3/4,8 |
| Mg | - | 86,2/78,4 | 10,7/8,7 |
| Al | - | 82,2/79,9 | 10,5/10,1 |
| C | 19,1/22,5 | 1,5/1,3 | 0,5/1,3 |

შენიშვნა მრიცხველი ΦX 800, მნიშვნელი ΦX 900.

• რამდენჯერ ახდენენ ცვლაში ღუმელიდან ლითონისა და წილის გამოშვებას?

ცვლაში გადასამუშავებელ ფეროქრომს წიდასთან ერთად ღუმელიდან უშვებენ 3-4 ჯერ.

• როგორ ამონაგიან ციფხვში უშვებენ შენადნობს?

შენადნობის გამოშვება ხდება შამოტის აგურით ამოგებულ ციფხვში.

• რაში ჩამოსხავენ ლითონს?

ლითონის ჩამოსხმა ხდება ბოყვებში.

4.2. ფეროსილიკოქრომი

- **რამდენგვარია ფეროსილიკოქრომი?**

ფეროსილიკოქრომი არის ორგვარი სასაქონლო და გადასამუშავებელი. სასაქონლო ფეროქრომი გამოიყენება ფოლადის განუანგვისა და ლეგირებისათვის, ხოლო გადასამუშავებელი კი სილიკოთერმული გზით მცირე-ნახშირბადინი ფეროქრომის მისაღებად.

- **ჩამოთვალეთ ფეროსილიკოქრომის მარკები ქიმიური შედგენილობის ჩვენებით.**

ფეროსილიკომანგანუმის მარკები შემდეგ ქიმიურ შედგენილობას უნდა აკმაყოფილებდეს, %:

(ГОСТ 4861-77)

| მარკა | Si | Cr არანაკლები | C | P არაუმეტესი | S |
|--------|-------|---------------|-----|--------------|------|
| ΦCX 13 | 10-16 | 55 | 6,0 | 0,04 | 0,03 |
| ΦCX 20 | 16-23 | 48 | 4,5 | 0,04 | 0,02 |
| ΦCX 26 | 23-30 | 45 | 3,0 | 0,03 | 0,02 |
| ΦCX33 | 30-37 | 40 | 0,9 | 0,03 | 0,02 |
| ΦCX 40 | 37-45 | 35 | 0,2 | 0,03 | 0,02 |
| ΦCX 48 | >45 | 28 | 0,1 | 0,03 | 0,02 |

- **ფეროსილიკოქრომის მიღების რამდენი ხერხია ცნობილი?**

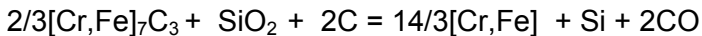
ფეროსილიკოქრომის მიღების ორი ხერხია ცნობილი: ერთსტადიური (წიდიანი) და ორსტადიური (უწილო).

- ერთსტადიური გამოდნობისას რა საკაზმე მასალები გამოიყენება?

ერთსტადიური გამოდნობის შემთხვევაში კაზმში გამოიყენება ქრომის მადანი, კვარციტი და კოქსწვრილა.

- რა პრინციპს ემყარება ფეროქრომის გამოდნობის ორსტადიური მეთოდი და როგორი სახე აქვს ჯამურ რეაქციას?

ფეროქრომის ორსტადიური (უწილო) მეთოდით გამოდნობა ემყარება კვარციტიდან ნახშირბადით სილიციუმის აღდგენას და კაზმში ერთსტადიური გზით მიღებული გადასამუშავებელი ფეროქრომის გამოყენებას. ჯამურ რეაქციას აქვს შემდეგი სახე:



გადასამუშავებელი კვარციტი კოქსწვრილა ფეროქრომი საკერძე ფეროქრომი აირი

- რა სიმძლავრის ღუმელებში ახდენენ ფეროსილიკოქრომის (ორსტადიური მეთოდი) გამოდნობას და როგორია დნობის პროცესი?

ორსტადიური გზით ფეროსილიკომანგანუმის გამოდნობას ახდენენ 16,5-33 მვა სიმძლავრის მაღანაღდგენით ღუმელებში, გამოდნობის პროცესი არის უწყვეტი.

- რით არის ამოგებული ღუმელი?

ღუმელი ამოგებულია ნახშირის ბლოკებით.

• რა საკაზმე მასალები გამოიყენება ორსტადიური გზით ფეროქრომის მისაღებად?

ორსტადიური გზით ფერომანგანუმის მისაღებად გამოიყენება კვარციტი (20-80 მმ), გრანულირებული გადასამუშავებელი ნახშირბადიანი ფეროქრომი, მცირე რაოდენობით ფოლადის ბურბუშელა (5-25 მმ) და ნახევრადკოქსი.

• რა ქიმიური შედგენილობა აქვს სილიკოქრომის წიდას (წიღური მეთოდი)?

სილიკოქრომის წიდა შეიცავს,%

| მარკა | SiO ₂ | MgO | Al ₂ O ₃ | ≤SiC | ≤Cr ₂ O ₃ |
|--------|------------------|-------|--------------------------------|------|---------------------------------|
| ΦCX 20 | 42-45 | 30-35 | 13-16 | 2,0 | 1,0 |
| ΦCX 33 | 43-46 | 28-32 | 13-16 | 3,0 | 1,0 |

• როგორია საკაზმე მასალების ხარჯი ტონა პროდუქციაზე?

ერთი ტონა ფეროქრომის მისაღებად საჭიროა:

| მასალების ხარჯი, კგ/ტ: | Si-ის შემცველობა | | | | |
|----------------------------|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------------------|
| | 13 | 23 | 33 | 43 | 50 |
| კვარციტი | 298 /634 | 520/881 | 742/1134 | 965/1320 | 1121/1 ⁴⁶⁴ |
| ქრომის მადანი | - /1905 | -/1600 | -/1420 | -/1145 | -/923 |
| კოქსწვერილა | 117 /543 | 220/575 | 321/625 | 424/678 | 308/712 |
| გადასამუშავებელი ფეროქრომი | 1089/- | 911/- | 803/- | 648/- | 525/- |
| ფოლადის ბურბუშელა | 8/30 | 41/82 | 62/84 | 93/105 | 115/116 |
| ელ.ენერჯის ხარჯი კვტ.სთ/ტ | 1500/4770 | 2450/5660 | 3390/7040 | 4350/7770 | 5110/8870 |

შენიშვნა: მრიცხველი ორსტადიური (უწიღო) პროცესია; მნიშვნელი კი ერთსტადიური (წიდიანი).

4.3. მცირენახშირბადიანი ფეროქრომი

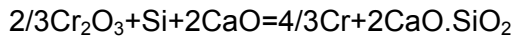
- ჩამოთვალეთ მცირენახშირბადიანი ფეროქრომის ქვეჯგუფები.

სტანდარტების მიხედვით ცნობილია მცირენახშირბადიანი ფეროქრომის სამი ჯგუფი:

1. მცირეფოსფორიანი ($\leq 0,03\%$)
2. მაღალფოსფორიანი ($\leq 0,05\%$)
3. მაღალქრომიანი (75,0-95%) და დაბალფოსფორიანი ($\leq 0,02$)

- რა მეთოდით ახდენენ მცირენახშირბადიანი ფეროქრომის გამოდნობას და როგორი სახე აქვს ჯამურ რეაქციას?

მცირენახშირბადიანი ფეროქრომი მიიღება სილიკოთერმიული მეთოდით. პროცესი ემყარება ქრომის მადნიდან ფეროსილიკოქრომის სილიციუმით ქრომისა და რკინის ადგენას კაზმში CaO -ს არსებობისას. ჯამურ რეაქციას შემდეგი სახე აქვს:



- როგორია მცირენახშირბადიანი ფეროქრომის გამოდნობისას წილის ოპტიმალური ფუძიანობა?

გამოდნობის პროცესი ოპტიმალურია, თუ წილის ფუძიანობა (CaO/SiO_2) 1,7-1,9 ინტერვალში მერყეობს.

• ჩამოთვალეთ მცირენახშირბადიანი ფეროქრომის მარკები და აჩვენეთ მათი ქიმიური შედგენილობა.

მცირე ნახშირბადიანი ფეროქრომი მარკების მიხედვით შემდეგი ქიმიური შედგენილობით ხასიათდება

| მარკა | Cr არანაკლები | C | Si | P | S | Al |
|--------|------------------|---------------------|-----|------|------|-----|
| | | ა რ ა უ მ ე ტ ე ს ი | | | | |
| ΦX001A | 68 | 0,01 | 0,8 | 0,02 | 0,02 | 0,7 |
| ΦX001B | 68 | 0,01 | 0,8 | 0,03 | 0,02 | 0,7 |
| ΦX002A | 68 | 0,02 | 1,5 | 0,02 | 0,03 | — |
| ΦX002B | 68 | 0,02 | 1,5 | 0,03 | 0,03 | — |
| ΦX003A | 68 | 0,03 | 1,5 | 0,02 | 0,03 | 0,7 |
| ΦX003B | 68 | 0,03 | 1,5 | 0,03 | 0,03 | 0,7 |
| ΦX004A | 68 | 0,04 | 1,5 | 0,02 | 0,03 | 0,3 |
| ΦX004B | 68 | 0,04 | 1,5 | 0,03 | 0,03 | 0,3 |
| ΦX005A | 65 | 0,05 | 1,5 | 0,03 | 0,03 | — |
| ΦX005B | 65 | 0,05 | 1,5 | 0,05 | 0,03 | — |
| ΦX006A | 65 | 0,06 | 1,5 | 0,03 | 0,03 | 0,3 |
| ΦX006B | 65 | 0,06 | 1,5 | 0,05 | 0,03 | 0,3 |
| ΦX010A | 65 | 0,10 | 1,5 | 0,03 | 0,03 | 0,3 |
| ΦX010B | 65 | 0,10 | 1,5 | 0,05 | 0,03 | 0,3 |
| ΦX015A | 65 | 0,15 | 1,5 | 0,03 | 0,03 | 0,3 |
| ΦX015B | 65 | 0,15 | 1,5 | 0,05 | 0,03 | 0,3 |
| ΦX025A | 65 | 0,25 | 2,0 | 0,03 | 0,03 | — |
| ΦX025B | 65 | 0,25 | 2,0 | 0,05 | 0,03 | — |
| ΦX050A | 65 | 0,50 | 2,0 | 0,03 | 0,03 | — |
| ΦX050B | 65 | 0,50 | 2,0 | 0,05 | 0,03 | — |

• მცირენახშირბადიანი ფეროქრომის მიღების რამდენი მეთოდია ცნობილი და როგორია მათი არსი?

ფეროქრომის გამოდნობის ორი მეთოდია ცნობილი. პირველი მეთოდის (ერთსტადიური) არსი ელექტრო-რკალურ ღუმელში დნობას ემყარება (გამოყენებულია გრაფიტის ელექტროდები). კაზში გამოყენებულია ქრომის მადანი, ფეროსილიკოქრომი და კირი. ღუმელში შენადნობს აყოვნებენ მანამ, სანამ წარმოქმნილი ფეროქრომი წონასწორობაში არ მოვა თავისივე წიდასთან. ამ შემთხვევაში ნახშირბადის შემცველობა ლითონში იზრდება (ელექტროდებიდან გადასვლის გამო).

მეორე მეთოდის (შერევის) მიხედვით რკალურ ელ.ღუმელში ჯერ აღნობენ ქრომის მადნისა და კირის ნარევის და შემდეგ ურევენ ასევე თხიერ მდგომარეობაში მყოფ ფეროსილიკოქრომს (ციცხვ-რეაქტორში).

• რა გავლენას ახდენს შერევის მეთოდი მცირენახშირბადიან ფეროქრომში ნახშირბადის შემცველობაზე?

შერევის მეთოდით გამოდნობისას ნახშირბადის შემცველობა ფეროქრომში შესაძლებელია 0,02-0,03%-მდე შემცირდეს.

• რა პირობებს უნდა აკმაყოფილებდეს მცირენახშირბადიანი ფეროქრომის გამოსადნობად საჭირო საკაზმე მასალები?

ორივე მეთოდით ფეროქრომის გამოდნობისას საკაზმე მასალები (ქრომის მადანი, ფეროსილიკოქრომი და კირი)

მცირე რაოდენობით უნდა შეიცავდეს ნახშირბადსა და ფოსფორს.

• რა სიმძლავრის ღუმელში ხდება მცირენახშირბადიანი ფეროქრომის გამოდნობა ერთსტადიური მეთოდით და რა ოპერაციებისაგან შედგება გამოდნობის ტექნოლოგია?

ერთსტადიური მეთოდით მცირენახშირბადიანი ფეროქრომის გამოდნობა ხდება 5000 კვა სიმძლავრის ელექტრორორკალურ ღუმელში. ღუმელი მაგნეზიტის აგურითაა ამოვსებული. გამოდნობის ტექნოლოგია შემდეგი ოპერაციებისაგან შედგება:

1. აბაზანის შეკეთება;
2. ფეროსილიკოქრომის პირველი ულუფის ჩატვირთვა ღუმელში; დატვირთვის აღება და მადან-კირიანი ნარევის ნაწილის ჩატვირთვა;
3. ღუმელში მიწოდებული კაზმის გადნობა;
4. ფეროსილიკოქრომის და მადანკირიანი ნარევის მეორე ულუფის ჩატვირთვა;
5. მეორედ მიწოდებული კაზმის გადნობა;
6. ლითონისა და წილის გამოშვება.

• რამდენი პერიოდისაგან შედგება მცირენახშირბადიანი ფეროქრომის გამოდნობის ტექნოლოგია?

მცირენახშირბადიანი ფეროქრომის გამოდნობის ტექნოლოგია ორ პერიოდს მოიცავს:

პირველი პერიოდის დამთავრების შემდეგ ღუმელიდან ახდენენ წილის გამოშვებას, ხოლო მე-2 პერიოდის შემდეგ ღუმელიდან წილასთან ერთად ლითონსაც უშვებენ.

• როგორია მცირენახშირბადიანი ფეროქრომის გამოსადნობი კაზმის მიასლოებითი შედგენილობა?

ფეროქრომის გამოსადნობი კაზმის შედგენილობაა, კგ:

| | I პერიოდი | II პერიოდი |
|-----------------|-----------|------------|
| ქრომის მადანი | 1800 | 1800 |
| კირი | 800 | 1400 |
| ფეროსილიკოქრომი | 1200 | 200 |

• რა ტემპერატურისაა მცირენახშირბადიანი ფეროქრომის წიდა?

წილის ტემპერატურა ყოველთვის აღემატება ლითონის ტემპერატურეს და იგი პირველი პერიოდისათვის 1780-1850⁰C-ს შეადგენს, ხოლო მეორე პერიოდისთვის 1740-1780⁰C-ს.

• რა ტემპერატურისაა ლითონი?

ციცხვში გამოშვების შემდეგ ლითონის ტემპერატურა 1700-1750⁰C- ს შეადგენს.

• რას უდრის წილის ჯერადობა?

წილის ჯერადობა 2,5-3,0 ინტერვალში მერყეობს.

- როგორი ქიმიური შედგენილობისაა მცირენახშირბადიანი ფეროქრომის წიდა?

მცირენახშირბადიანი ფეროქრომის წიდას აქვს შემდეგი ქიმიური შედგენილობა, %:

CaO 45-46%; SiO₂ 26-27%; Cr₂O₃ 5,0-6,0%; FeO 1,0-1,3%; ფუძიანობა (CaO/SiO₂) 1,7.

- რა თვისებებით გამოირჩევა ფეროქრომის მიღების შერევის მეთოდი?

შერევის მეთოდით ფეროქრომის გამოდნობისას მადანფლუსიან ნადნობში ნახშირბადის შემცველობა არის მცირე. ეგზოთერმული რეაქციების ხარჯზე დიდი რაოდენობის სითბო გამოიყოფა (სილიციუმით ქრომისა და რკინის ოქსიდების აღდგენითა და CaO-სა და SiO₂-ის შეერთებით), რაც კაზმში მყარი ფეროსილიკოქრომის გამოყენების საშუალებასაც იძლევა. ამასთან, თხიერ მდგომარეობაში შერევით, კომპონენტების ურთიერთქმედების პარამეტრები კინეტიკური თვალსაზრისით გაცილებით მაღალია ღუმელში გამოდნობასთან შედარებით.

- რა საკაზმე მასალები გამოიყენება მადანფლუსიანი შენადნობის მისაღებად?

მადანფლუსიანი შენადნობის მისაღებად გამოიყენება; ქრომის მადანი DX-1-1 (Cr₂O₃≥50%; SiO₂≤7,0; P≤0,008) და DX-1-2 მარკის (Cr₂O₃≥47,0; SiO₂≤10,0%; P≤0,008%) და კირი (CaO≥89%, CO₂≤2-4%, ფრაქცია 5-50მმ).

ქრომის მადანთან ერთად ქრომის კონცენტრატიც (Cr₂O₃≥48%, P≤0,05%) შეიძლება იქნეს გამოყენებული.

- რა ქიმიური შედგენილობისაა შერევის მეთოდით მცირენახშირბადიანი ფეროქრომის მისაღებად გამოყენებული ფეროსილიკოქრომი?

გამოსადნობი მარკის მიხედვით ფეროსილიკოქრომი შეიძლება შეიცავდეს 48-51% Si-ს, 28,5-29% Cr-ს და $\leq 0,020\%$ P-ს.

- მადანფლუსიანი შენადნობის მისაღებად რა თანაფარდობით ურევენ საკაზმე მასალებს?

მადანფლუსიანი შენადნობის მისაღებად ყოველ 100 კგ ქრომის მადანს უმატებენ 73-82 კგ კირს, რაც უზრუნველყოფს 27-29% Cr_2O_3 -ისა და 40-43% CaO-ს შემცველობის შენადნობის მიღებას. შენადნობის ფორმირების დასაჩქარებლად კაზმში მცირე რაოდენობით სილიციუმსაც ამატებენ.

- როგორ ახდენენ შენადნობების შერავას?

მადანკირიან შენადნობს ღუმელიდან უშვებენ მაგნეზიტით ამოვებულ ციცხვში და წონიან. საზღვრავენ შენადნობის მასას და მყარი დანამატების რაოდენობას. შენადნობში Cr_2O_3 -ის შემცველობისა და მყარი დანამატების რაოდენობის მიხედვით აღგენენ ფეროსილიციუმის საჭირო რაოდენობას და ასხავენ ციცხვში იმ ინტერვალ-ლით, რომ იგი ეთანადებოდეს აღდგენითი პროცესების სინქარეს (200 კგ ფეროსილიკოქრომი/წთ). ციცხვიდან ციცხვში მრავალჯერადი გადასხმით უზრუნველყოფენ ფეროქრომის რაფინირებას.

• **შერევის მეთოდით ფეროქრომის გამოდნობისას როგორია ტონა პროდუქციაზე საკაზმე მასალების ხარჯი?**

ერთი ტონა ფეროქრომის (შერევის მეთოდი) მისაღებად იხარჯება, კგ/ტ:

ქრომის მადანი (50% Cr₂O₃) — 1750

ფეროსილიკოქრომი (48%Si) — 570

კირი ————— 1370

ელ.ენერგია კვტ.სთ/ტ ————— 2750

• **რამდენია ქრომის ამოკრეფა ლითონში?**

შერევის მეთოდით გამოდნობისას ქრომის ამოკრეფა ლითონში საშუალოდ 80%-ს შეადგენს.

• **რა უარყოფითი მხარე აქვს შერევის მეთოდს?**

ციცხვიდან ციცხვში გადასხმისას, შენადნობის შერევის პროცესში ადგილი აქვს თხევადი ფეროქრომის ჰაერთან კონტაქტს, რაც იწვევს ლითონში აზოტის შემცველობის გაზრდას და მისი მეტალურგიული ღირებულების დაქვეითებას.

• **რა საშუალება არსებობს სილიკოთერმიული გზით მცირე აზოტიანი ფეროქრომის მიღების?**

სილიკოთერმიული გზით მცირეაზოტიანი ფეროქრომი შეიძლება მიღებული იქნეს წინააღობის ტიპის ვაკუმის ღუმელებში ფეროქრომის ვაკუმთერმიული დამუშავებით, ან ინდუქციურ ვაკუმურ ელ.ღუმელში მისი დეგაზაციით

- ძირითადად რა ფაქტორები განსაზღვრავს მცირენახშირბადიანი ფეროქრომის მიღების ტექნიკურ-ეკონომიკურ მაჩვენებლებს?

მცირენახშირბადიანი ფეროქრომის მიღებისას ტექნიკურ-ეკონომიკურ მაჩვენებლებს ძირითადად განსაზღვრავს ქრომის მადნის ხარისხი. ქრომის მადანში Cr_2O_3 -ის შემცირებით, იზრდება ელ.ენერგიისა და საკაზმე მასალების ხარჯი (ქრომის მადანი, ფეროსილიკოქრომი და კირი).

| მაჩვენებელი | მადანში Cr_2O_3 -ის შემცველობა, % | | | | |
|--|---|------|------|------|------|
| | 42 | 44 | 46 | 48 | 50 |
| ქრომის მადანი, კგ | 2274 | 2160 | 2020 | 1966 | 1883 |
| ქრომის მადანი, კგ Cr_2O_3 50% | 1910 | 1901 | 1897 | 1888 | 1883 |
| ΦXC , კგ | 6141 | 637 | 629 | 627 | 621 |
| კირი, კგ | 1860 | 1776 | 1691 | 1625 | 1556 |

- ახსენით ფეროქრომის ვაკუმის ქვეშ განახშირბადიანების არსი.

ამ ტექნოლოგიის არსი მდგომარეობს შემდეგში:

წინააღობის ტიპის ელ. ღუმელში 1-0,1 პა წნევის ქვეშ ფეროქრომის სხმულებს (0,10-0,15% C) 20-24 საათის განმავლობაში უტარებენ ვაკუმურთერმულ დამუშავებას $1450-1500^\circ\text{C}$ ტემპერატურაზე.

- რამდენი კამერისგან შედგება ღუმელი?

ღუმელს აქვს სამი კამერა. წინასწარი გახურების კამერაში ტემპერატურა 1000°C -ს შეადგენს, მეორე

კამერაში ხდება იზოთერმული დაყოვნება (1450-1500⁰ზე), ხოლო მესამე კამერაში ნიმუში ცივდება.

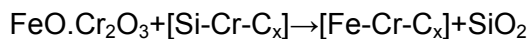
4.4. საშუალონახშირბადიანი ფეროქრომი

- აჩვენეთ საშუალონახირბადიანი ფეროქრომის ქიმიური შედგენილობა.

მარკებიდან გამომდინარე (ГОСТ 4757-79) საშუალონახშირბადიან ფეროქრომში ნახშირბადის შემცველობა 1,0-4% ინტერვალში მერყეობს, სხვა ელემენტების შემცველობა კი შემდეგია: $\leq 2,0\% \text{ Si}$; $\leq 0,03\% \text{ P}$ და $\leq 0,04\% \text{ S}$. ახალი სტანდარტების მიხედვით (ISO 5448-81) ქრომის რაოდენობა ლითონში 45-75% დიაპაზონში იცვლება, ხოლო ნახშირბადისა და სილიციუმის მინიმალური შემცველობა შესაბამისად 0,5 და 1,5% შეადგენს.

- რა მეთოდით მიიღება ასეთი შედგენილობის საშუალონახშირბადიანი ფეროქრომი?

საშუალონახშირბადიანი ფეროქრომი (აღნიშნული ქიმიური შედგენილობის) მიიღება სილიკოთერმული და ჟანგბად-კონვერტორული გზით. უფრო ადრინდელია უფლუსო სილიკოთერმული პროცესი, რომელიც ითვალისწინებს ფეროსილიკოქრომის სილიციუმით ქრომის მადნიდან ქრომისა და რკინის აღდგენას:



• რა რაოდენობის საკაზმე მასალებაა საჭირო ფლუსიანი მეთოდით ერთი ტონა საშუალონახშირბადიანი ფეროქრომის გამოსადნობად?

ერთი ტონა საშ.ნახშირბადიანი ფეროქრომის მისაღებად საჭიროა:

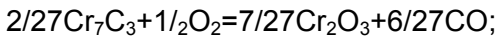
| | | |
|---|-------|---------------|
| ქრომის მადანი (50% Cr ₂ O ₃) | ----- | 1413 კგ |
| ფეროსილიკოქრომი (48%) | ----- | 519 კგ |
| წილის სეპარაციით მიღებული ლითონი - | | 100 კგ |
| კირი | ----- | 1241 კგ |
| ელექტროდების მასა | ----- | 14 კგ |
| ელ.ენერგია | ----- | 2129 კვტ. სთ. |

• რამდენია ქრომის ამოკრეფა ლითონში?

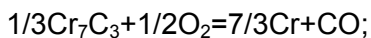
სილიკოთერმული მეთოდით საშ.ნახშირბადიანი ფეროქრომის გამოდნობისას ქრომის ამოკრეფა ლითონში 76-80%-ს შეადგენს.

• რა პრინციპს ემყარება საშ.ნახშირბადიანი ფეროქრომის მიღების ჟანგბად-კონვერტორული მეთოდი?

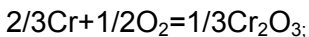
კონვერტორული პროცესი ემყარება აირადი ჟანგბადით ნახშირბადიანი ფეროქრომის ნახშირბადის ამოწვის პროცესს:



$$\Delta G^{\circ}_T = -292600 + 46,1T, \quad \text{ჯ/მოლი};$$



$$\Delta G^{\circ}_T = -316800 + 162,9T, \quad \text{ჯ/მოლი};$$



$$\Delta G^{\circ}_T = -377510 + 85,61T, \quad \text{ჯ/მოლი}.$$

- **როგორია კონვერტორში საშუალონახშირბადიანი ფეროქრომის მიღების ტექნოლოგია?**

დამუშავებულია საშუალონახშირბადიანი ფეროქრომის მიღების ტექნოლოგია 15 ტონიან კონვერტორში, რომელსაც უანგბადი წყლით გამაციებელი ქმინით ზემოდან მიეწოდება. კონვერტორში ყელიდან ასხავენ 7-11 ტ გადასამუშავებელ ნახშირბადიან ფეროქრომს ($\geq 60\% \text{ Cr}$; $\leq 1,0\% \text{ Si}$; $\leq 0,05\% \text{ P}$; $\leq 0,06\% \text{ S}$ ნახშირბადის რაოდენობა შეზღუდული არ არის). ყოველ ერთ ტონა ლითონზე იხარჯება 80-100 მ³ უანგბადი. დნობის დამთავრების შემდეგ ლითონს აწვდიან 600-800 კგ საშუალონახშირბადიან ფეროქრომის ჯართს და წიდის გათხიერების მიზნით 15-20 კგ ΦCX 48 მარკის გრანულირებულ ფეროსილიკოქრომს.

- **რამდენია უანგბადისა და საკაზმე მასალების ხარჯი ერთ ტონა პროდუქციაზე?**

ერთ ტონა პროდუქციის მისაღებად იხარჯება:
ნახშირბადიანი ფეროქრომი ——— 1230-1260 კგ;
ალუმინი ————— 5-8 კგ;
უანგბადი ————— 100 მ³.

- **რას უდრის ქრომის ამოკრეფა ლითონში?**

ქრომის ამოკრეფა ლითონში უანგბად-კონვერტორული დნობისას შეადგენს 80-81%-ს.

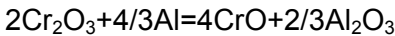
4.5. ლითონური ქრომი

- ლითონური ქრომის რა მარკები მიიღება ალუმინოთერმით?

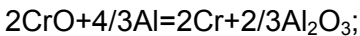
ალუმინოთერმით მიიღება ლითონური ქრომის შემდეგი მარკები (ГОСТ 5905-80): X99A, X99B, X98,5, X98 და X97, ციფრები ქრომის მინიმალურ შემცველობაზე მიუთითებს.

- აჩვენეთ ქრომის ოქსიდების ალუმინით აღდგენის შესაძლო რეაქციები.

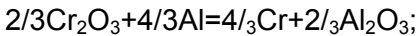
ალუმინით ქრომის ოქსიდების აღდგენისას ადგილი აქვს ქრომის შუალედური ოქსიდის CrO-ს წარმოქმნას; აღდგენის პროცესი შემდეგი რეაქციებით მიმდინარეობს (298-2700 K):



$$\Delta G^0_T = -272340 + 11,07T, \quad \text{ჯ/მოლი};$$



$$\Delta G^0_T = -403275 + 61,79T, \quad \text{ჯ/მოლი};$$



$$\Delta G^0_T = -359630 + 37,5T, \quad \text{ჯ/მოლი}.$$

- ლითონურ ქრომს რა საკაზმე მასალებით აღნობენ?

ლითონური ქრომის გამოსაღობად იყენებენ ქრომის ოქსიდს (გადათვლით $\text{Cr}_2\text{O}_3 > 99$, მარკა OXM-0 და 98% მარკა OXM-1) და პირველადი ალუმინის ფხვნილს. ამასთან ღუმელგარეშე დნობის შემთხვევაში, სითბოს

დამატებით წყაროდ გამოყენებულია ნატრიუმის გვარჯილა ($\text{NaNO}_3 > 99\%$), ხოლო ფლუსად კირი.

- **ახსენით კაზმში CaO -ს როლი და დანიშნულება?**

კაზმში არსებული CaO Al_2O_3 -თან წარმოქმნის დაბალი დნობის ტემპერატურის მქონე ნაერთს, რის შედეგადაც მცირდება წიდის დნობის ტემპერატურა. ამასთან, დამუხანგველ გარემოში შესაძლებელია კალციუმის ქრომიტოქრომატის $9\text{CaO} \cdot 4\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ ($t_{\text{დნ}} = 1218^\circ\text{C}$) წარმოქმნა, რომელიც ელ.დუმელში ლითონური მანგანუმისა და მცირენახშირბადიანი ფეროქრომის გამოდნობისას აუმჯობესებს ალუმინით ქრომის აღდგენის პროცესს.

- **აღწერეთ ღუმელგარეშე ქრომის მიღების ტექნოლოგიური სქემა.**

ლითონური ქრომის გამოდნობას ახდენენ თუჯის ქურაში, რომლის ქვედა ნაწილი ამოგებულია მაგნიზიტის აგურით. ქურას სპეციალურ კამერაში ათავსებენ. დნობას ახორციელებენ კაზმით, რომელიც შეიცავს ქრომის ოქსიდს (OXM-0 და OXM-1 მარკა), ალუმინის ფხვნილსა და ნატრიუმის გვარჯილას. გამოდნობას იწყებენ დაბალი აალებით და დასაწყისში ქურაში აწვდიან კაზმის მხოლოდ 10-15%-ს. ანთებენ მაგნიუმის ფხვნილისა (ან ბურბუშელის) და გვარჯილის ნარევეს და აღდგენითი პროცესის დაწყების შემდეგ ჩატვირთავენ კაზმის დარჩენილ რაოდენობასაც, ისე რომ კაზმი თანაბრად განაწილდეს მთელ ზედაპირზე. თბური დანაკარგების

თავიდან ასაცილებლად ქურას კეტავენ. მიღებულ სხმულს წყალში აციებენ და შემდეგ ამსხვრევენ.

• რა რაოდენობის საკაზმე მასალები იხარჯება ერთი ტონა ლითონური ქრომის მისაღებად და რისი ტოლია ქრომის ამოკრეფა?

ერთი ტონა ლითონური ქრომის (Cr 97%) მისაღებად საჭიროა:

Cr₂O₃ ————— 1650 კგ
 ალუმინის ფხვნილი ————— 620 კგ
 ნატრიუმის გვარჯილა ——— 140 კგ
 ქრომის ამოკრეფა ————— 88%

• აჩვენეთ ლითონური ქრომის საშუალო ქიმიური შედგენილობა.

ლითონური ქრომი საშუალოდ შეიცავს:

| | | | | | | | |
|----|------------|----|--------------|----|----------|----|-----------|
| Cr | 98-99,3% | Al | 1,1-0,1% | Si | 0,3-0,1% | Fe | 0,3-0,6% |
| C | 0,01-0,02% | P | 0,04%-0,006% | S | <0,02% | N | 0,03-0,2% |

• ალუმინოთერმით რა მარკის და რა ქიმიური შედგენილობის ფეროქრომის მიღებაა შესაძლებელი?

ალუმინოთერმით მიღებულ მცირენახშირბადიან ფეროქრომს აქვს შემდეგი ქიმიური შედგენილობა:

| ფეროქრომის მარკა | Cr | C | Si | S | P | Al |
|------------------|----|------|-----|-------|-------|-----|
| ΦX 003A | 75 | 0,03 | 0,5 | 0,015 | 0,010 | 0,4 |
| ΦX 004A | 70 | 0,04 | 0,7 | 0,020 | 0,018 | 0,5 |

- რა საკაზმე მასალები გამოიყენება ალუმინოთერმული მცირენახშირბადიანი ფეროქრომის გამოსადნობად?

მცირენახშირბადიანი ფეროქრომის გამოსადნობად გამოიყენება ქრომის კონცენტრატი (58,5% Cr₂O₃; 1.6% SiO₂; 10% Al₂O₃; 14% MgO), პირველადი ალუმინის ფხვნილი, კირი და მცირე რაოდენობით გვარჯილა. გამოდნობას ახორციელებენ დახრილ სადნობ აგრეგატში.

- რას უდრის პროცესის ხვედრითი სითბო და როგორია ქრომის ამოკრეფა?

პროცესის ხვედრითი სითბო 3100-3180 კჯ/კგ-ს შეადგენს და იგი 2360°C ტემპერატურის მიღებას უზრუნველყოფს. ქრომის ამოკრეფა ლითონში 89%-ია, ხოლო გამდიდრების პროცესში დანაკარგების გათვალისწინებით კი 58%.

- როგორია ალუმინოთერმით ფეროქრომის მიღების ტექნოლოგიური მაჩვენებლები?

ალუმინოთერმით მცირენახშირბადიანი ფეროქრომის მიღების ტექნიკო-ეკონომიკური მაჩვენებლები არის შემდეგი:

| მაჩვენებელი | | |
|-----------------------------|-------------|------------|
| მასალების ხარჯი, ტ; | ღუმელგარეშე | ელ.ღუმელში |
| კონცენტრანტი | 2,215 | 1,756 |
| ალუმინი | 0,710 | 0,466 |
| გვარჯილა | 0,411 | 0,032 |
| კირი | — | 0,466 |
| ელ.ენერგიის ხარჯი, კვტ.სთ/ტ | — | 1240 |

მიღებული წიდა შეიცავს; %

| Al_2O_3 | Cr_2O_3 | CaO | MgO | FeO | SiO_2 |
|-----------|-----------|-------|-------|-------|---------|
| 60 | 2-4 | 10-13 | 20-24 | 0,8-1 | 0,8-15 |

აღნიშნულ წიდას იყენებენ მაღალალუმინიანი ნახევრადპროდუქტებისა და ცემენტის მისაღებად.

4.6. აზოტირებული ფეროქრომი

- **სად გამოიყენება აზოტირებული ფეროქრომი?**

აზოტირებულ ფეროქრომს იყენებენ ფოლადის წარმოებაში ფიზიკო-ქიმიური თვისებების გასაუმჯობესებლად. იგი ნაწილობრივ ცვლის ნიკელს.

- **რა რაოდენობითაა აზოტი აზოტირებულ ფეროქრომში?**

დსთ-ს ქვეყნებში წარმოებულ ფეროქრომში აზოტის შემცველობა 10%-ს აღწევს.

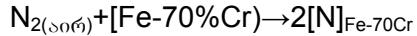
- **რა ნაერთებს წარმოქმნის აზოტი ქრომთან?**

აზოტი ქრომთან წარმოქმნის მყარ ხსნარს $[N]_{Cr}$ და ნიტრიდებს Cr_2N (11,87% N) და CrN (21,22%N).

- **აზოტირებული ფეროქრომის მიღების რა ნაირსახეობა არსებობს, დაახასიათეთ თითოეული?**

აზოტირებული ფეროქრომის ორი ნაირსახეობა არსებობს, გადნობილი და შეცხობილი. გადნობილი ფეროქრომი (2,0-4,0% N-ის შემცველობით), ინდუქციურ

ელექტრო ღუმელებში ან პლაზმურ-რკალური დნობისას თხევადი მცირენახშირბადიანი ფეროქრომის აზოტით გაჯერებით მიიღება. თხევად ფეროქრომში მოლეკულური აზოტის გახსნას თან სდევს სითბოს გამოყოფა



შეცხოვნილი ფეროქრომი წარმოადგენს ვაკუუმში განახშირბადიანებულ მაღალნახშირბადიანი ფეროქრომის აზოტით გაჯერებულ ფხვნილს (4,0-10,0% N). შეცხოვნილი აზოტირებული ფეროქრომი შეიძლება მიღებულ იქნეს აგრეთვე მცირენახშირბადიანი სილიკოთერმული ფეროქრომის აზოტირებით.

• რაში გამოიხატება მყარ მდგომარეობაში აზოტირებული ფეროქრომის მიღების არსი?

აღნიშნული პროცესის არსი მდგომარეობს მოლეკულურული აზოტის ატმოსფეროში წვრილფრაქციული ფეროქრომის გახურებაში იმ ტემპერატურაზე, რომელიც ნიტრიდების თერმოდინამიკურ მდგრადობასა $[(\text{Cr,Fe})_2]$ და $(\text{Cr,Fe})\text{N}]$ და აზოტირების მაღალ სიჩქარეს უზრუნველყოფს.

სამრეწველო პირობებში ათვისებულია ვაკუმის მეთოდით მაღალნახშირბადიანი ფეროქრომის განახშირბადიანების გზით მიღებული მცირენახშირბადიანი ფეროქრომის ბრიკეტის აზოტირება. განახშირბადიანების შემდეგ ვაკუუმის ღუმელებში 1100°C ტემპერატურაზე 100 კპა წნევის ქვეშ შეჰყავთ აზოტი (99,5% N_2). აზოტირებული ფეროქრომის ბრიკეტების 3 – 4კპა წნევის პირობებში

აციებენ 600-800⁰C-მდე. ბრიკეტებს საბოლოო გაციება ხდება ჰაერზე.

• რა რაოდენობის მასალები იხარჯება ერთ ტონა აზოტირებული ფეროქრომის მისაღებად?

ერთი ტონა აზოტირებული ფეროქრომის (6-8% N; 60% Cr და 0,01% C) მისაღებად იხარჯება:

გადასამუშავებელი ნახშირბადიანი ფეროქრომი — 1100 კბ;

აზოტი ————— 150 მ³;

ელექტროენერგია ——— 9500 კვტ.ს

ლიტერატურა

1. М.И. Гасик, Н.П. Лякишев. Физикохимия и технология электроферросплавов. „Системные технологии“, Днепропетровск 2005
2. М.И.Гасик, Н.П.Лякишев, Б.И.Емлин. Теория и технология производства ферросплавов. Москва, „Металлургия" 1988
3. М.И.Гасик Марганец. Москва, „Металлургия" 1992
4. А.Ф.Каблуковский. Производство электростали и ферросплавов. Москва, ИКЦ „АКАДЕМКНИГА" 2003.

იხმჭღება ავტორთა მიერ წარმოდგენილი სახით

გადაეცა წარმოებას 07.11.2008. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 18.11.2008. ქალაქის ზომა 60X84 1/16. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 13,5. ტირაჟი 100 ეგზ.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი,
კოსტავას 77



ISBN 978-9941-14-186-7



9 789941 141867