

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

**თამაზ ჯალიაშვილი**

**მინი მეტალურგიულ კომპლექსებში ნაკერიანი მილების მიღების  
ტექნოლოგიური პროცესების ოპტიმიზაცია**

სადოქტორო პროგრამა - მეტალურგია

შიფრი - 0411

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად წარდგენილი

დისერტაციის

**ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი**

თბილისი

2019 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტში  
ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტზე,  
მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების  
დამუშავების დეპარტამენტში

ხელმძღვანელი: პროფესორი ომარ მიქაძე

რეცენზენტები: -----  
-----

დაცვა შედგება ----- წლის "-----" -----, ---საათზე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიისა და  
მეტალურგიის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის

სხდომაზე, კორპუსი -----, აუდიტორია -----

მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ის ბიბლიოთეკაში,  
ხოლო ავტორეფერატისა ფაკულტეტის ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი -----

## ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

**თემის აქტუალურობა:** მსოფლიო მეტალურგიული წარმოების პრაქტიკის ანალიზი აჩვენებს, რომ მეტალურგიული ტექნოლოგიების, ახალი და გაუმჯობესებული ძირითადი აგრეგატების სრულყოფასთან ერთად განვითარება ჰპოვა ფოლადის ღუმელსგარეთ დამუშავებამ, ჩამოსხმის პროცესის სრულყოფამ კი საგრძნობლად გაამარტივა ტექნოლოგია. ჩვენს მიერ სადოქტორო სამუშაოში მიღწეული შედეგები ფოლადის გამოდნობის, ჩამოსხმის და მილების წარმოების პროცესებში აქტუალურია, რადგანაც წარმოადგენს არსებულის განვითარებას და პერსპექტიულ ტექნოლოგიურ გადაწყვეტილებებს წარმოადგენს.

**სამუშაოს მიზანი:** სადისერტაციო თემაზე მუშაობისას კვლევების მიზანს წარმოადგენდა საქართველოში არსებულ და ახალ მეტალურგიულ კომპლექსებში თხევადი ფოლადიდან საბოლოო პროდუქციის ნაკერიანი მილების მიღების ტექნოლოგიური პროცესების ოპტიმიზაცია.

**კერძოდ:** თანამედროვე ფოლადსადნობ საამქროებში დაბალი(0,010-0,015%) გოგირდის შემცველობის ფოლადის მისაღებად დესულფურაციის პროცესს ღუმელსგარეთ მაღალფუძიანი  $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$  სისტემის წიდებში მღვობი შპატის( $\text{CaF}_2$ ) გამოყენებით ახორციელებენ, რომელიც წიდის ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებზე ზემოქმედების მოკლე პერიოდით, მაღალი ტოქსიკურობითა და ფასით გამოირჩევა. სამუშაოში მოცემულია ფოლადის მღვობი შპატის( $\text{CaF}_2$ ) მეორადი ალუმინის ნარჩენებით და ბორისშემცველი მინარევებით ჩანაცვლებით დესულფურაცია-რაფინირების პროცესების გაუმჯობესების საკითხები.

- შემუშავებული ტექნოლოგია უზრუნველყოფს ენერგოდამზოგავ და ეკოლოგიურად სუფთა საწარმოო პროცესებს;
- გაჩერებული-მიტოვებული სამრეწველო ობიექტების ბაზაზე ახალი თანამედროვე მეტალურგიული კომპლექსების განთავსების შესაძლებლობების კვლევასა და მათი ადაპტაციის რეკომენდაციებს.

**კვლევის ობიექტი:** არსებულ და ახალ მეტალურგიულ კომპლექსებში

მთავარი ტექნოლოგიური უბნები საბოლოო პროდუქციის მიღების მიღების ჩათვლით. ამ ობიექტებზე მეტალურგიული პროცესების სრულყოფა და მათი ტექნოლოგიური პროექტირება.

**კვლევის მეთოდები:** ქიმიური და მიკროსტრუქტურული ანალიზები, მექანიკური გამოცდები.

წინაწარმომქმნელი მინარევის ქიმიური შემადგენლობის დასადგენად, ლუმელში გადნობის შემდეგ ვაწარმოებდით წიდის სინჯების აღებას. ქიმიური შემადგენლობის განსაზღვრას აღებული სინჯებიდან ვახდენდით რენდგენული სპექტროსკოპით Philips PW 2400. წიდას გაციების შემდეგ ვაქუცმაცებდით <4მმ ფრაქციამდე ჯერ ყბებიან მსხვრეველაზე, შემდეგ ცენტრიდანულ წისქვილზე დაგვყავდა 0,5მმ და 0,08მმ ფრაქციამდე და ვსინჯავდით XRF სპექტრომეტრით. ცხრილ 2-ში მოცემულია ხუთივე დნობაზე აღებული წიდის სინჯების ქიმიური შემადგენლობა.

მიკროსტრუქტურული კვლევები ჩატარებული იქნა მეტალოგრაფიული მიკროსკოპით Neophot-21. კვლევებისათვის განკუთვნილი ნიმუშები წინასწარ ექვემდებარებოდა სპეციალურ მომზადებას. ხდებოდა მათი ამოჭრა ნამზადიდან. საკვლევი ზედაპირის დამუშავება ხდებოდა ზუმფარის ქაღალდის გამოყენებით. ხეხვას ვიწყებდით უხეში მარცვლოვნების მქონე ქაღალდიდან და ვამთავრებდით ნულოვანი ქაღალდით. გახეხილი ზედაპირი პრიალდებოდა მბრუნავი დისკის დახმარებით. ამის შემდეგ ხდებოდა ზედაპირის მოწამლვა აზოტმჟავის 3-5%-იანი სპირტხსნარით.

საკვლევი ნიმუშების მიკროსტრუქტურის დამახასიათებელი ნიშნების სრული გამოვლენის მიზნით მიკროხეხებს ვათვალიერებდით სხვადასხვა გადიდებით და ფოტოგრაფირებით.

**ნაშრომის ძირითადი შედეგები:**

1. განხორციელდა მლღვობი შპატის ბორისშემცველი მინერალით კოლემანიტით ჩანაცვლება, რამაც ხელი შეუწყო წარმოებაში ეკოლოგიური მდგომარეობის გაუმჯობესებას.

- ბორით ფოლადის მიკროლეგირებით მივიღეთ:

- წვრილდისპერსიული ფერიტო-ბენიტიური ტიპის სტრუქტურა;
- წარმოიქმნება მრგვალი ფორმის არა უმეტეს 5 მკმ ზომის ჩანართები;
- სიმტკიცის გაზრდილი მაჩვენებლები.

3. შეიქმნა ინოვაციური საჩამოსხმო მოწყობილობა, რომელიც უზრუნველყოფს ლითონის ზედაპირზე ინერტული გარემოს შექმნას, რითაც ფოლადის ფურცელის ზედაპირს იცავს ატმოსფერული ჰაერის ზემოქმედებისაგან.

4. მიღების წარმოებისათვის შეიქმნა მილის ინერტული აირით დაცვის მოწყობილობა და ტექნოლოგია, რომელიც შედუღების პროცესში ნაკერს ატმოსფერული ჟანგბადის ზემოქმედებისაგან იცავს.

#### **ნაშრომის მეცნიერული სიახლე:**

- ბორისშემცველი მასალებით ფოლადის დამუშავების შედეგად მოხდა ბორის აღდგენა წიდიდან ლითონში 0,001% ოდენობით, ანუ მოხდა ბორით ფოლადის მიკროლეგირება. მივიღეთ წვრილმარცვლოვანი სტრუქტურა და გაუმჯობესდა ფოლადის მექანიკური თვისებები;
- ბორით მოდიფიცირებული ფოლადის ჩამოსხმისას გაიზარდა კრისტალიზაციის ცენტრების ჩასახვის სიჩქარე და საჩამოსხმო აგრეგატების წარმადობა;
- სწორნაკერიანი ფოლადის მიღების წარმოების პროცესში, შედუღების კვანძში ე.წ. „ცივი ბზარების“ ანუ ფლოკენების წარმოქმნის აღსაკვეთად ჩვენს მიერ შემუშავებულმა მილის ნაკერის ინერტული აირით დაცვის ტექნოლოგიამ, ინერტული აირის სპრეერების საშუალებით 3,5 ატმ წნევით გაფრქვევისას შექმნა აირ-ემულსიის ღრუბელი, რითაც უზრუნველყო ნაკერის ზედაპირის დაცვა და ფლოკენების წარმოქმნის საშიშროების აღკვეთა.

**შედეგების გამოყენების სფერო:** მეტალურგია, კერძოდ ფოლადის დნობა, ჩამოსხმა და ნაკერიანი მილების წარმოება.

#### **ცნობები დისერტაციის მოცულობისა და სტრუქტურის შესახებ:**

დისერტაცია წარმოდგენილია 104 გვერდზე, შეიცავს 16 ცხრილს, 8 სურათს, და 21 ნახაზს. გამოყენებული 134 დასახელებისაგან შედგენილი ლიტერატურის ნუსხას. მოიცავს შესავლს, ექვს თავისა და დასკვნას.

დისერტაციის სტრუქტურას ქმნის ერთმანეთის თანმიმდევრულად განლაგებული ტიტულის გვერდი-თავფურცელი, ხელმოწერების გვერდი

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს დისერტაციის განხილვის რეკომენდაცია, საავტორო უფლების გვერდი, რეზიუმე ქართულ ენაზე, რეზიუმე ინგლისურ ენაზე, შინაარსი, ცხრილების ნუსხა, ნახაზების ნუსხა, სურათების ნუსხა. შესავლის, ლიტერატურის მიმოხილვის, შედეგებისა და მათი განსჯის, ექსპერიმენტული ნაწილისა და დასკვნისაგან შედგენილი ძირითადი ტექსტი და გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხა.

**პუბლიკაციები:** სადისერტაციო თემაზე გამოქვეყნებულია 3 სტატია და საერთაშორისო კონფერენციის ერთი თეზისი.

## **ინფორმაცია ნაშრომის აპრობაციის შესახებ**

ნაშრომის მასალები მოხსენებული იქნა:

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სტუდენტთა 85-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია მეტალურგიის სექციაში. დოქტორანტი: თამაზ ჯალიაშვილი. ხელმძღვანელი პროფ. ომარ მიქაძე. უწყვეტად ჩამოსხმული ფოლადის ფურცელიდან მიღების წარმოება მიტოვებული საწარმოს ინფრასტრუქტურის გამოყენებით. თბილისი. 2018წ.

## **დისერტაციის ძირითადი შედეგები თავების მიხედვით**

**პირველი თავი მოიცავს** ლიტერატურის მიმოხილვას. აქ წარმოდგენილია მეტალურგიული წარმოების მიმართულებები, მეტალურგიული კომპლექსების განვითარების ტენდენციები, თანამედროვე ტექნოლოგიური პროცესები, ფოლადის უწყვეტი ჩამოსხმის ტექნოლოგიის განვითარება, ფოლადის ხარისხის გაუმჯობესების მოწინავე ტექნოლოგიები, წიდებით ფოლადის დამუშავების აქტუალობა, უწყვეტი ჩამოსხმის თავისებურებები და ნაკლოვანებები

**მეორე თავი მოიცავს** ბორისშემცველი მინარევით ფოლადის დესულფურაცია და მიკროლეგირების საკითხებზე ჩატარებულ დნობებს და მიღებული

შედეგების ანალიზს.

მლღვობი შპს-ი გამოირჩევა დნობის დაბალი ტემპერატურითა და წიდის ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებზე ზემოქმედების მოკლე პერიოდით. ამცირებს წიდის სიბლანტეს, ათხევადებს, მაგრამ ამცირებს ასევე წიდის ფუძიანობას, რაც ეფექტური დესულფურაციისათვის დამაბრკოლებელი ფაქტორია, ხოლო რეაქციის შედაგად გამოყოფილი აიროვანი ფტორი ეკოლოგიას მნიშვნელოვან ზიანს აყენებს. ამას გარდა შპს-ი ძვირადღირებული მინერალია და ზრდის ფოლადის თვითღირებულებას.

ზემოთაღნიშნული პრობლემების გადასაჭრელად შევიმუშავე ფოლადის ღუმელსგარეთ რაფინირების მაღალი პოტენციალის წიდებით დამუშავებისათვის საჭირო კომპოზიცია და მივაღწიე მლღვობი შპს-ის ეკოლოგიურად შედარებით სუფთა ბორისშემცველი რეაგენტით ბორის ანჰიდრიდით-კოლემანიტით ჩანაცვლება.

ჩატარებული იქნა ექსპერიმენტული დნობები ნახშირბადიანი ფოლადის ბორისშემცველი მინარევების დამუშავებისა. გამოდნობილი იქნა ხუთი ნაღობი ფოლადი CT. 3CII(მშვიდი) მარკის, ГОСТ 380-2005 სტანდარტის შესაბამისი მოთხოვნებით. აღნიშნული სტანდარტი ჰარმონიზებულია საერთაშორისო სტანდარტებთან ISO 630:1995, ISO 1052:1982.

შედარების მიზნით ერთი დნობა დაეთმო წიდაწარმომქმნელ მინარევს, რომელშიც ვიყენებდით მლღვობ შპს-ს, ორი დნობა ბორისშემცველ მინერალს კოლემანიტის და ორი დნობა ჩატარდა გამომწვარი ბორატული მადნის გამოყენებით. წიდაწარმომქმნელი რეაგენტების შემადგენლობა და რაოდენობები მოცემულია ცხრილში 2, ხოლო ფოლადის ქიმიური შემადგენლობა სტანდარტის მიხედვით მოცემულია ცხრილში 1.

**ცხრილი 1. ფოლადის ქიმიური შემადგენლობა**

ფოლადის მარკა	ГОСТ 380-2005 სტანდარტით ელემენტების ქიმიური შემადგენლობა				
	ნახშირბადი	მანგანუმი	სილიციუმი	ფოსფორი	გოგირდი
CT 3CII	0,14-0,22	0,40-0,65	0,05-0,15	მაქს. 0,050	მაქს. 0,050

ფოლადის წიდებით დამუშავების პროცესების მოდელირებისათვის

ვიყენებდით 200კგ ტევადობის ინდუქციურ ღუმელს YH-0.2T. დნობის ციკლით - 50 წთ. დაბვა 380/50 ვოლტი. ტრანსფორმატორი სიმძლავრით - 250 კვტ.

**ცხრილი 2. წიდაწარმომქმნელი მასალების რაოდენობა და შემადგენლობა**

#	მასალების დასახელება	დნობების სერია, ხარჯი, %				
		1	2	3	4	5
1	კირი - CaO>85%	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0
2	წიდაწარმომქმნელი მინარევი, 40%CaO, 35% MgO, 5% SiO <sub>2</sub> და	12,0	11,0	13,0	13,0	13,0
3	მეორადი ალუმინის წარმოების ნარჩენები: 65%Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 4%CaO, 4%SiO <sub>2</sub> , 2%MgO	13,0	14,0	13,0	12,0	12,0
4	ბორისშემცველი მინერალი კოლემანიტი: 35%B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 20-30%CaO, 3-7% SiO <sub>2</sub> , 0,2%S	20,0	20,0	0,0	0,0	0,0
5	გამომწვარი ბორატული მადანი: 30-35%B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 15%CaO	0,0	0,0	20,0	20,0	0,0
6	მლღობი შპატი CaF <sub>2</sub> არანაკლები 65% (მარკა ΦK-65 SiO <sub>2</sub> -30%)	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0

**ცხრილი 3. წიდის სინჯების ქიმიური შემადგენლობა.**

დნობა #	CaO	SiO <sub>2</sub> ,	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	CaF <sub>2</sub>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
1	57,0	6,1	19,0	0,6	1,5	0,0	9,3
2	54,0	7,4	20,0	0,8	1,3	0,0	8,7
3	58,0	6,6	17,0	1,1	1,0	0,0	11,6
4	54,0	7,8	23,0	1,0	1,4	0,0	10,1
5	55,0	7,0	19,0	0,5	1,5	16,0	0,0

**ცხრილი 4. წიდების ფუძიანობა**

დნობა #	წიდის ფუძიანობა	
1	58,5 /35,0	1,67
2	55,3/35,4	1,56
3	59,0/36,3	1,62
4	55,4/41,9	1,32
5	56,5/42,0	1,35



ფოლადის გამოდნობის შემდეგ ხდებოდა ნადნობის 10-20 წუთით დაყოვნება და ქიმიური შემადგენლობის დასადგენად სინჯის აღება. ნადნობის ტემპერატურის კონტროლი ხორციელდებოდა PR-6/30 თერმოწყვილით. ცხრილში 5. მოცემულია თხევადი ლითონის ტემპერატურა გამოშვების წინ.

**ცხრილი 5. ლითონის ტემპერატურა გაშვების წინ**

დნობა	ტემპერატურა, T ლ
1	1621°C
2	1626°C
3	1623°C
4	1620°C
5	1622°C

სულ გამოვადნეთ ზემოთაღნიშნული მარკის ფოლადის ხუთი დნობა. ღუმელიდან ლითონს უშვებდით 200კგ ტევადობის მქონე ციცხვში, რომელშიც ცხრილ 2. მიხედვით შედგენილი კომპოზიციებით წინასწარ ვტვირთავდით 5 კგ/ტონაზე ანგარიშით წინაწარმომქმნელ მინარევებს. მასალების ხარჯის მაჩვენებლები ტონა ფოლადზე მოცემულია ცხრილ 6-ში.

**ცხრილი 6. მასალების ხარჯი ტონა ფოლადზე**

#	მასალების დასახელება	ხარჯი კგ/ 1ტ-ზე
1	კირი	2,75
2	მაგნეზიალური ფლუსი	0,6
3	ალუმინის წარმოების ნარჩენები	0,65
4	კოლემანიტი	1,0
5	გამომწვარი ბორატული მადანი:	1,0
6	მლღვობი შპატი	1,0

ინდუქციურ ღუმელში გამოდნობილ და განჟანგულ 1620°C ტემპერატურამდე გაცხელებულ ფოლადს ხიდურა ამწის დახმარებით ვასხავდით ციცხვში.

ფოლადის წიდაწარმოქმნელი მინარევებით დამუშავების შემდეგ ვახდენდით მიღებული ფოლადის ქიმიური შემადგენლობის განსაზღვრას, რომელიც მოცემულია ცხრილში 7.

**ცხრილი 7. მიღებული ფოლადის ქიმიური შემადგენლობა**

#	C,%	Si,%	Mn,%	P,%	S,%	B,%
1	0,21	0,23	0,47	0,03	<u>0,035</u> 0,012	0.001
2	0,19	0,21	0,42	0,026	<u>0,038</u> 0,014	0.00095
3	0,22	0,19	0,40	0,029	<u>0,039</u> 0,025	0,0
4	0,18	0,24	0,48	0,027	<u>0,031</u> 0,020	0,0
5	0,21	0,22	0,52	0,03	<u>0,036</u> 0,031	0,0

გოგირდის შემადგენლობის მაჩვენებელ გრაფაში მრიცხველში მოცემულია გოგირდის შემცველობა ლითონის წილებით დამუშავების წინ, ხოლო მნიშვნელში მინარევებით დამუშავების შემდეგ. წიდაწარმოქმნელი მინარევების ხარჯი, როგორც აღინიშნა შედგენილი იყო 5 კგ/ტონა ფოლადზე ანგარიშით.

დესულფურაციის დონემ დნობების მიხედვით შეადგინა:

**ცხრილი 8 . დესულფურაციის შედარებითი მაჩვენებლები**

№	გოგირდის მაჩვენებლები	%
1	0,035-0,012=0,023	65,7%
2	0,038-0,014=0,024	63,3%
3	0,039-0,025=0,014	35,9%
4	0,031-0,020=0,011	35,5%
5	0,036-0,025=0,011	30,6%

მექანიკური თვისებების შედარებისას 0,001% ბორის შემცველობის პირობებში დროებითი წინააღმდეგობა  $R_{\text{დრ}}$  მექანიკური გამოცდისას შეადგენს 650 მპა-ს მაშინ, როდესაც ბორის გარეშე ეს მაჩვენებელი 610 მპა. დენადობის

ზღვარის ნღ მჩვენებლებიც შესაბამისად 575 მკა 540 მკა- სთან შედარებით. შედეგად 0,001% ბორით მიკროლეგირების დროს ფოლადში უზრუნველყოფილია:

1. წვრილდისპერსიული ფერიტო-ბეინიტური ტიპის სტრუქტურა;
2. წარმოიქმნება მრგვალი ფორმის არა უმეტეს 5 მკმ ზომის ჩანართები;
3. იძლევა სიმტკიცის გაზრდილ მჩვენებლებს.

როგორც ზემოთ აღინიშნა, ჩვენს მიერ გამოცდილი ბორისშემცველი მინარევებით ფოლადის დამუშავება საშუალებას იძლევა გაუმჯობესდეს ლითონის ხარისხი, მღღობი შპატის პროცესიდან ამოღებით გაუმჯობესდეს ეკოლოგიური მდგომარეობა და შემცირდეს ფოლადის თვითღირებულება, სხვა რეაგენტების წარმოების ნარჩენების გამოყენების ხარჯზე.

შემუშავებული წიდაწარმომქმნელი მინარევის გამოცდის შედეგად:

- უმჯობესდება ლითონის ხარისხი, კერძოდ შპატის გამოყენებისას დესულფურაციის მჩვენებელი 30,6%-დან კოლემანიტის შემთხვევაში გაიზარდა საშუალოდ 64,0% -მდე;
- ბორი აღდგა წიდიდან ლითონში 0,001% ოდენობით, ანუ მოხდა ბორით ფოლადის მიკროლეგირება. მივიღეთ წვრილმარცვლოვანი სტრუქტურა და გაუმჯობესდა ფოლადის მექანიკური თვისებები;
- მოხდა ეკოლოგიური მდგომარეობის გაუმჯობესება მღღობი შპატის პროცესიდან ამოღებით და მისი ბორისშემცველი მინარევით კოლემანიტით ჩანაცვლებით;
- რადგანაც კოლემანიტი შპატთან შედარებით 5-ჯერ იაფია, სახეზეა ეკონომიკური ეფექტი, რომელიც ფოლადის თვითღირებულების შემცირებაში აისახა;
- ბორით მოდიფიცირება ფოლადის ჩამოსხმისას ზრდის კრისტალიზაციის ცენტრების ჩასახვის სიჩქარეს და საჩამოსხმო აგრეგატების წარმადობას.

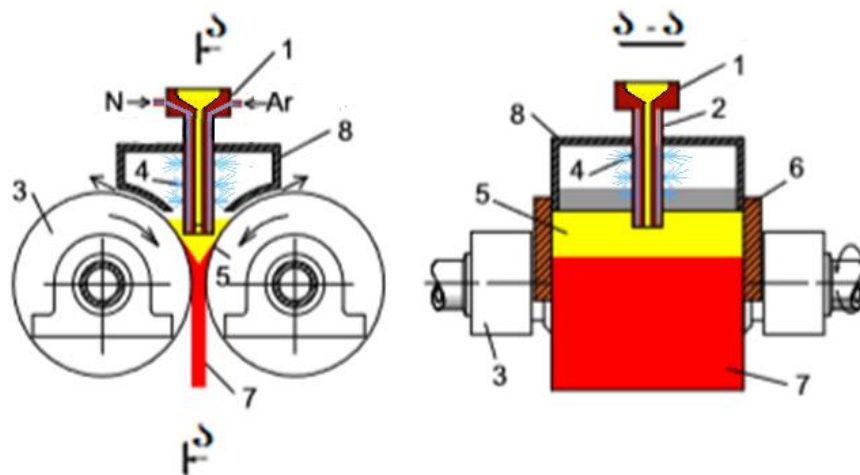
**მესამე თავი მოიცავს** საჩამოსხმო მოწყობილობით ფოლადის ჩამოსხმის ტექნოლოგიის სრულყოფას.

ფოლადის ჩამოსხმის პროცესში ჭიქის შიდა კედლებზე თხევადი ლითონის ჰიდროსტატიკური დარტყმა და ლითონის ჩამრეცხავი ეფექტი მის შიდა

კედლებს საგრძნობლად ათხელებს, ხოლო თხევადი ლითონის სარკის მაღალი ტემპერატურა ჭიქის გარე კედლებს აზიანებს. შედეგად ჩამოსხმის პროცესში აუცილებელი ხდება ძვირადღირებული ჭიქის შეცვლა (ხშირად რამოდენიმეჯერ), რაც ჩამოსხმის დროის გახანგრძლივებას იწვევს და ფოლადის თვითღირებულებაზე უარყოფითად აისახება.

აღნიშნული პრობლემის გადასაწყვეტად ჩვენს მიერ შემუშავებულია მოწყობილობა, რომელიც წარმოადგენს ფოლადის უწყვეტი ჩამოსხმის აგრეგატზე ფოლადის გამანაწილებლიდან გლინებს შორის სივრცეში ფოლადის საჩამოსხმო ჭიქას, რომლის ორიგინალური კონსტრუქციაც უზრუნველყოფს სტაბილურად მაღალი ხარისხის ფურცელის ჩამოსხმას ზედაპირული ბზარების გარეშე.

მოწყობილობა უზრუნველყოფს ლითონის ზედაპირზე ინერტული გარემოს შექმნას, რითაც ფოლადის ფურცლის ზედაპირს იცავს ატმოსფერული ჰაერის ზემოქმედებისაგან.



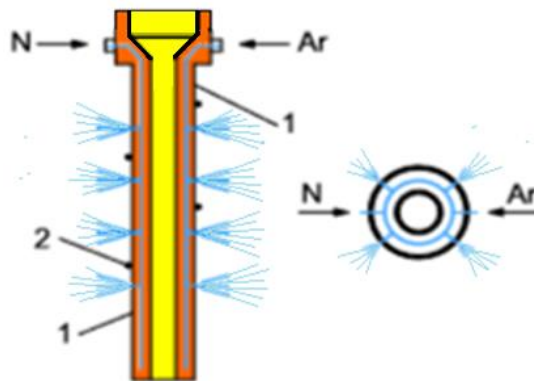
ნახ. 1. ფოლადის ფურცლის ჩამოსასხმელი ორგლინიანი აგრეგატი.

- 1-თხევდი ფოლადის გამანაწილებელი;
- 2- საჩამოსხმო ჭიქა;
- 3-საჩამოსხმო გლინები;
- 4-ინერტული აირის ხვრელები;
- 5-თხევადი ფოლადი;
- 6- გვერდითი დამჭერები;
- 7- გამყარებული ფოლადის ფურცელი;
- 8- მაგერმეტიზირებული კამერა;

გამანაწილებლიდან(1) თხევადი ფოლადი(5) ჩვენი მოწყობილობის

საშუალებით საჩამოსხმო მანქანის ორ გლინს(3) შორის სივრცეში მიეწოდება. გლინების ერთმანეთის საწინააღმდეგო მიმართულებით გადაადგილებით და ინტენსიური გაციებით ფოლადი გლინებთან შეხებისთანავე მყარდება(7) და ვერტიკალურად უკვე ფურცელის სახით ქვევით გადაადგილდება. აღნიშნული მიზნის მიღწევა ხდება თხევადი ფოლადის მენისკზე სხვადასხვა თანაფარდობითა და ტემპერატურით ფოლადში არახსნადი და ხსნადი ინერტული აირების აზოტისა და არგონის მიწოდებით.

საჩამოსხმო ჭიქა მზადდება ალუმინის ოქსიდისა( $Al_2O_3$ ) და გრაფიტის(C) შემადგენლობის კერამიკისაგან, რომელიც მაღალი სიმტკიცისა და ტემპერატურამდეგობისაა. ჩამოსხმის პროცესში ინერტული აირი მაგერმეტიზირებელ სივრცეში გაიფრქვევა. ინერტული აირებიდან ტექნიკურად და ეკონომიკურად ყველაზე ხელმისაწვდომი არგონი(Ar) და აზოტი(N) ჭიქის ზედა ნაწილში არსებული შემავალი მილებიდან ცალ-ცალკე ან ერთდროულად მიწოდება.



ნახ. 2. საჩამოსხმო ჭიქა ინერტული აირის სადინარი არხებით

- 1- აირგამყვანი არხები;
- 2- ტემპერატურის მზომი სენსორები.

ჩვენი საჩამოსხმო მოწყობილობა უზრუნველყოფს:

1. ინერტული აირების ტემპერატურის რეგულირებით და არსებულ არხებში გადაადგილებით ჩამოსხმის მთელი დროის მანძილზე ჭიქის სტაბილურ მდებარეობას;
2. თხევადი ფოლადის მენისკის თავზე ინერტული აირის გარემოს შექმნას, ანუ ფოლადის დაცვას ატმოსფერული ჟანგბადის ზემოქმედებისაგან;

3. ძვირადღირებული საჩამოსხმო ჭიქის ხარჯის შემცირებით ფოლადის თვითღირებულების შემცირებას;

4. აზოტისა და არგონის ხარჯის რეგულირებით ჩამოსხმული ფურცელის ზედაპირის ხარისხის გაუმჯობესებას.

მეოთხე თავი მოიცავს მილების წარმოების პროცესში ნაკერის ინერტული აირით დაცვის ტექნოლოგიის შემუშავებას.

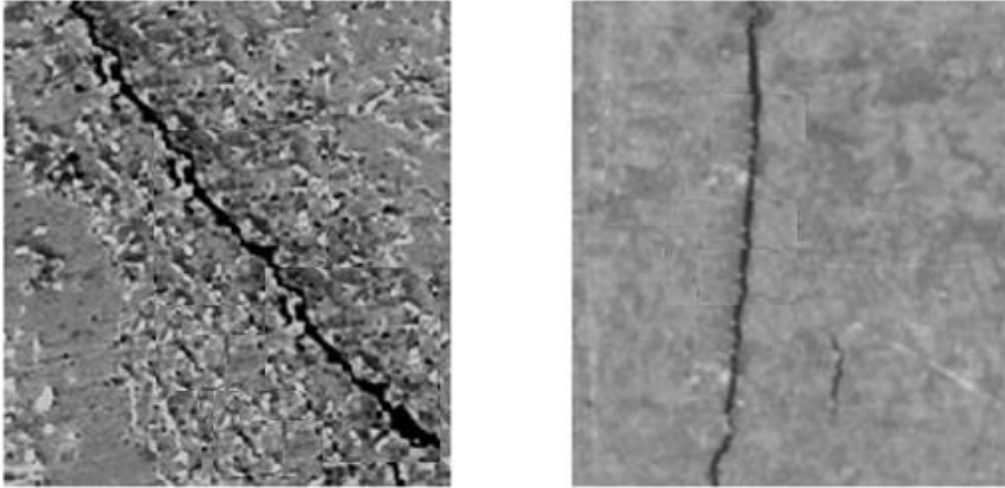
მიუხედავად იმისა, რომ ჩვენს შემთხვევაში ვაძნობთ, ვასხავთ და მილების წარმოებისათვის ვიყენებთ ნახშირბადიანი ფოლადის ფურცელს, რომელიც უქანგავი ფოლადებისაგან განსხვავებით ნაკლებადაა მიდრეკილი შედუღების პროცესში ნადულში წყალბადის წარმოქმნისაკენ, მაინც ხშირად ადგილი აქვს მილებზე ბზარების წარმოქმნას, რაც ნადულთან ატმოსფერული ჰაერის კონტაქტითაა განპირობებული.



სურ. 1. 32 მმ დიამეტრის დეფექტული მილი



სურ. 2. 63 მმ დიამეტრის დეფექტული მილი



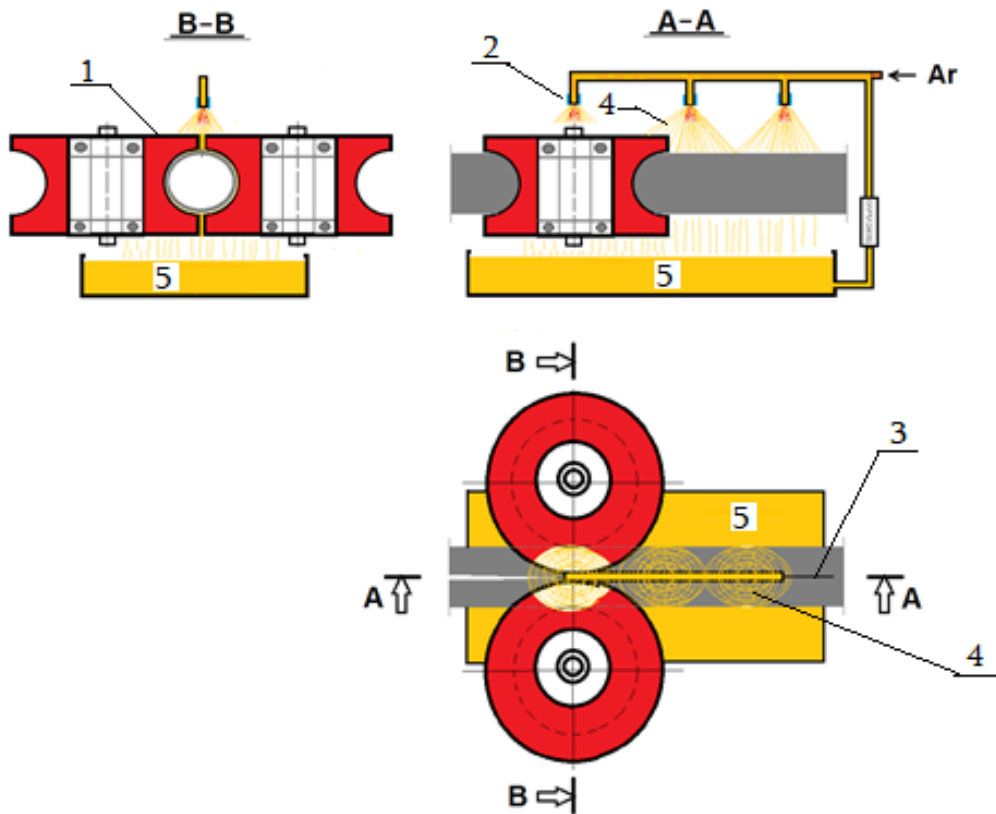
სურ. 3. ბზარის სტრუქტურა 400 ჯერ გადიდებით

შედულების პროცესში ატმოსფერული ჰაერის ზემოქმედების შესამცირებლად ჩვენს მიერ შემუშავებულია ინერტული აირისა და ემულსიის ნარევის სპრეერის(მფრქვევანა) საშუალებით ნადულის დაცვის მეთოდი.

ამჟამად არსებული ტექნოლოგიით დაფორმებული ფურცლის ორი კიდე ინდუქციური დენით წინასწარ ცხელდება და განიცდის შელღობას. როგორც აღინიშნა, უჟანგავი ფოლადების წარმოებისას შედულების პროცესი დახურული კამერის პირობებში ინერტული აირის-არგონის არეალში მიმდინარეობს, რაც უზრუნველყოფს ატმოსფერული ჰაერისაგან ნადულის დაცვას. ჩვენს შემთხვევაში იგივე ეფექტის მისაღწევად ვიყენებთ დგანის გაციების სისტემაში გამოყენებულ 5%-იან წყლიანი ზეთის ემულსიას, რომლის გაფრქვევასაც ინერტული აირის სპრეერის საშუალებით ვახორციელებთ.

მფრქვევანა - მოწყობილობაა, რომელიც ინერტული აირის ან კომპრესორული ჰაერის წნევის ენერგიით სითხის გაფრქვევას უზრუნველყოფს. გაფრქვევის პროცესს ორი შემადგენელი აქვს:

სითხის გაყოფა წვეთებად და ამ წვეთების საჭირო ზედაპირისაკენ მიმართვა. პროცესის ორივე ფაზა ხორციელდება სხვადასხვა ტიპის და კონსტრუქციის მფრქვევანების საშუალებით.



**ნახ. 3. ფოლადის მილების წარმოებისას ნაკერის არგონით დაცვა**

1. შედუღების სისტემის დამჭერი გლინები;
2. სპრეერი;
3. მილის ნაკერი;
4. ინერტული აირისა და ემულსიის ღრუბელი;
5. გაციების სისტემის ემულსია.

სხვადასხვა დარგის ტექნოლოგიების მოთხოვნებმა გამოიწვია გაფრქვევის მეთოდების განვითარება და მფრქვევანების სპექტრის გაფართოვება. ძირითადი საექსპლოატაციო მახასიათებლები მფრქვევანის სამუშაო ხარისხისა ითვლება:

- სითხის მოცულობა, რომელიც წნევით მიეწოდება მფრქვევანას;
- გაფრქვეული სითხის გაშლის კუთხე;
- მფრქვევანის გამტარუნარიანობა, რომელიც წარმოადგენს გასაფრქვევი სითხის ენერჯიის შეფარდებას მის მიერ მოხმარებულ ენერჯიასთან;
- ობიექტზე განაწილებული ჭავლის ერთგვაროვნება;
- გასაფრქვევი სითხის განაწილება წვეთების ზომების მიხედვით.

**გაფრქვევის ტიპები** კონუსური გაფრქვევის დროს სითხე სივრცეში ნაწილდება კონუსის სახით;





სურ. 4. კონუსური გაფრქვევა

- ბრტყელი ჭავლით გაფრქვევის დროს, სითხის წვეთები ბრტყელი ფორმის სხვადასხვა ზომის ფენის სახით გაიფრქვევა.



სურ. 5. ბრტყელი გაფრქვევა

ჩვენ ვიყენებთ კონუსური ჭავლის მფრქვევენას, რომელიც ინერტული აირის არგონის საშუალებით ქმნის წყლიანი ემულსიის ღრუბელს, რაც წარმოების პროცესში შედეგების არეალის დაცვის საშუალებას იძლევა. იმისათვის, რომ უზრუნველვყოთ შედეგების ტექნოლოგიისათვის საჭირო ტემპერატურა, სპეციალური მგრძნობიარე დეტექტორების მონაცემებზე დაყრდნობით ხდება არგონის საჭირო ტემპერატურით მიწოდება.

შერჩეული იქნა ორი ტიპის კონუსური გაფრქვევის სპრეერი, გამართული ჰიდრაულიკური სქემით.



სურ. 6. №1 და №2 ტიპის სპრეერები წყლიანი ემულსიის გასაფრქვევად

ემულსიანი წყლის გასაფრქვევად დამზადებული იქნა მოდული, რომელიც შედგება ტუმბოს, ემულსიის გამწმენდი ფილტრისა და წნევის რეგულატორისაგან. ჩავატარეთ გაფრქვევისათვის საჭირო წნევის დასადგენი ცდები.

ჩვენს მიერ შემუშავებული მოდული მიერთებულია გამაციებელი სისტემის მილგაყვანილობასთან, საიდანაც ხდება ემულსიის მოწოდება.

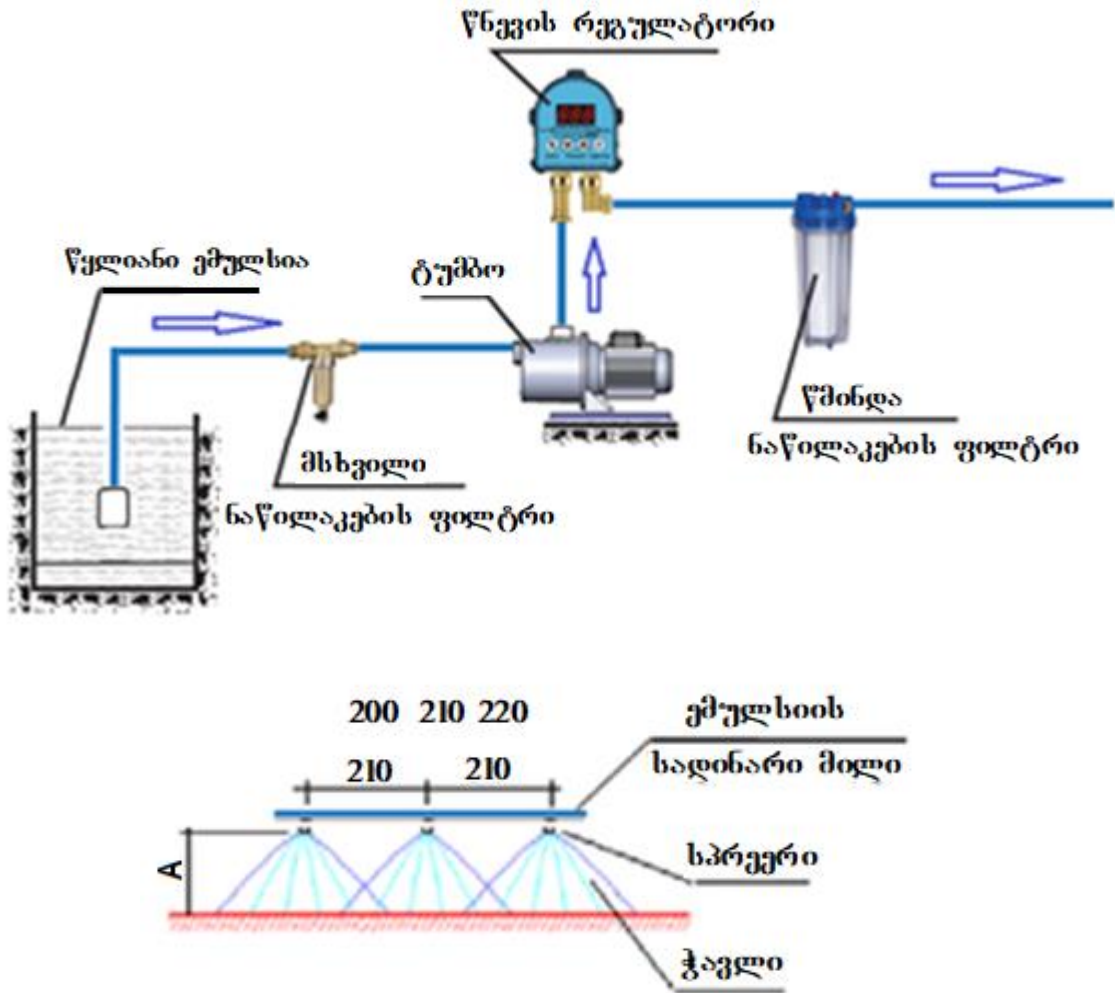
რეგულატორის საშუალებით ხდება სხვადასხვა წნევით ინერტული აირის სპრეერებზე მიწოდება ემულსიის გასაფრქვევად.

სპრეერებმა აჩვენეს გაფრქვევის სხვადასხვა ეფექტი სხვადასხვა წნევაზე.

შევარჩიეთ №2 ტიპის სპრეერი, რომელიც შედარებით დაბალ წნევაზე 3,5 ატმოსფეროზე გვაძლევს ღრუბლის ეფექტს.

ცხრილი 9. №1 ტიპის სპრეერით გაფრქვევა

ცდა	ინერტ. აირის წნვა, ატმ	გაფრქვევის ეფექტი
1	1,0	არ მოხდა გაფრქვევა
2	1,5	არ მოხდა გაფრქვევა
3	2,0	არადამაკმაყოფილებელი ჭავლი
4	3,0	სუსტი ჭავლი
5	3,5	უხეში ჭავლი
6	4,0	შეიქმნა ღრუბლის ეფექტი



ნახ. 3. ნაკერის დაცვის მოწყობილობის ტექნოლოგიური სქემა

ცხრილი 10. №2 ტიპის სპრეერთ გაფრქვევა

ცდა	ინერტ აირის წნევა, ატმ	გაფრქვევის ეფექტი
1	1,0	არ მოხდა გაფრქვევა
2	1,5	არადამაკმაყოფილებელი
3	2,0	სუსტი ჭავლი
4	3,0	უხეში ჭავლი
5	3,5	შეიქმნა ღრუბელის ფექტი

ჩვენს მიერ შემუშავებულმა მილების ნაკერის ინერტული აირით დაცვის ტექნოლოგიამ გვაჩვენა, რომ:

1. 3,5 ატმ წნევის პირობებში სპრეერებით არგონის საშუალებით

გაფრქვეულმა ემულსიამ შექმნა ღრუბელი, რომელიც მილის შედუღების არეალს იცვას ატმოსფერული ჰაერის ზემოქმედებისაგან;

2. გაფრქვეული ღრუბელი ინერტული აირის ტემპერატურის შერჩევის საშუალებით უზრუნველყოფს მილის ნაკერის გაციებას საჭირო ტემპერატურის დიაპაზონში, რომელიც გამორიცხავს წყალბადით გამოწვეულ ბზარებს;

3. უქანგავი ფოლადის მილების წარმოებაში არსებული კონსტრუქციის დახურული კამერა მოუხერხებელია გლინების რეგულირებისა და ტექნოლოგიური პროცესით მართვისათვის, მაშინ როდესაც ჩვენი ვარიანტი შედუღების მოდულისა და კონსტრუქციისა, ადვილია მისი მომსახურება და მისი დისტანციაზე მართვა.

**მეხუთე თავი მოიცავს** თხევადი ფოლადის მილებიდან მზა მილების წარმოებამდე გამჭოლი ტექნოლოგიის შემუშავებას.

ჩვენს მიერ შემუშავებული იქნა ტექნოლოგიური სქემა, რომელიც ითვალისწინებს ზემოთაღნიშნული ორი ეტაპის ერთი მეტალურგიული კომპლექსის ფარგლებში: ფოლადის გამოდნობის, ფურცლის ჩამოსხმისა და მილების წარმოების ტექნოლოგიური პროცესების ერთ საწარმოო სივრცეში გაერთიანებას.

ფოლადის ელექტრორკალურ ლუმელში დნობისა და ლუმელსგარეთ დამუშავების შემდეგ ციცხვი გადაეცემა უწყვეტი ჩამოსხმის ორგლინიან დანადგარს სადაც მიიღება 1.0-დან 6.0მმ-მდე სისქის ფოლადის ფურცელი დახვეული რულონებში. შემდგომ რულონები თვითმავალი ურიკის საშუალებით გადაეცემა მილების წარმოების უბანს, კერძოდ ფურცელის გრძივად დაჭრის განყოფილებას.

მოცემული ტექნოლოგიური სქემა კარდინალურად ცვლის მილების წარმოების პროცესს:

1. ფოლადის ფურცლიდან მილების წარმოებამდე მთელი ტექნოლოგიური ციკლი ერთ სივრცეშია განთავსებული. ერთი განყოფილებიდან მეორეს ლითონი გადაეცემა თვითმავალი ავტომატური მექანიზმებით, რომლებიც გამორიცხავენ შრომისა და დროის უქმე დანაკარგებს.

2. ფურცლის წარმოების ტრადიციული ტექნოლოგიის პირობებში

ფურცელსაგლინავი საამქროს სიგრძე 1000 – 1500 მეტრია. ჩვენ მინიმეტალურ-გიულ კომპლექსის ტექნოლოგიურ სქემაში ვიყენებთ ფურცლის ორგლინიან აგრეგატზე ჩამოსხმის ინოვაციურ “Castripe” ტექნოლოგიას, რომელშიც ფოლადის ფურცლის უწყვეტი ჩამოსასხმა და ფურცლის მიღების პროცესი 70.0 მეტრის სიგრძის შენობაში ეტევა.

3. ტექნოლოგიური სქემა და დანადგარების კომპაქტურობა საშუალებას იძლევა მისი განთავსებისა მიტოვებული ქარხნების ინფრასტრუქტურის ადგილზე;

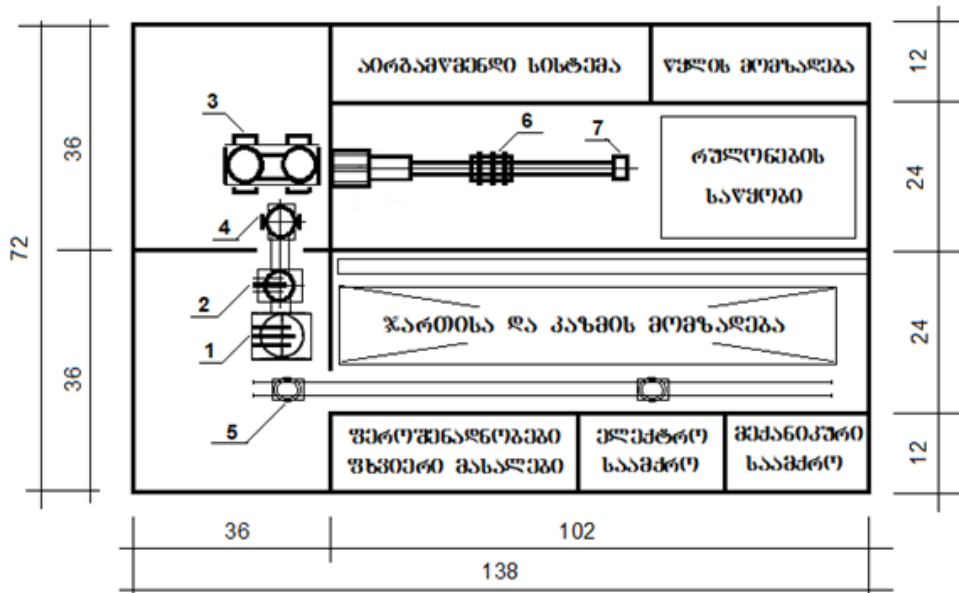
4. ფოლადის ფურცლის წარმოების ტრადიციულ ტექნოლოგიურ სქემასთან შედარებით ჩვენს მიერ შემუშავებული სქემის პირობებში მცირდება ოპერაციების რაოდენობა.

5. ტექნოლოგიურ სქემაში რეალიზებულია გამჭოლი ტექნოლოგიების და თანამედროვე აგრეგატების ის შესაძლებლობები, რომლებიც უზრუნველ ყოფენ მაღალ ტექნიკურ-ეკონომიკურ მაჩვენებლებს, ტრადიციული ტექნოლოგიით მიღებულ პროდუქციასთან შედარებით, კერძოდ:

- ფოლადის გამოდნობიდან მზა მიღების მიღებამდე შეკვეთების უმოკლესდროში, 5-6 საათში შესრულება;
- ტექნოლოგიური პროცესების შემცირების ხარჯზე პროდუქციის თვითღირებულების შემცირება;
- მიღწეული იქნა ბუნების დაცვის სტანდარტების მაღალი დონე;

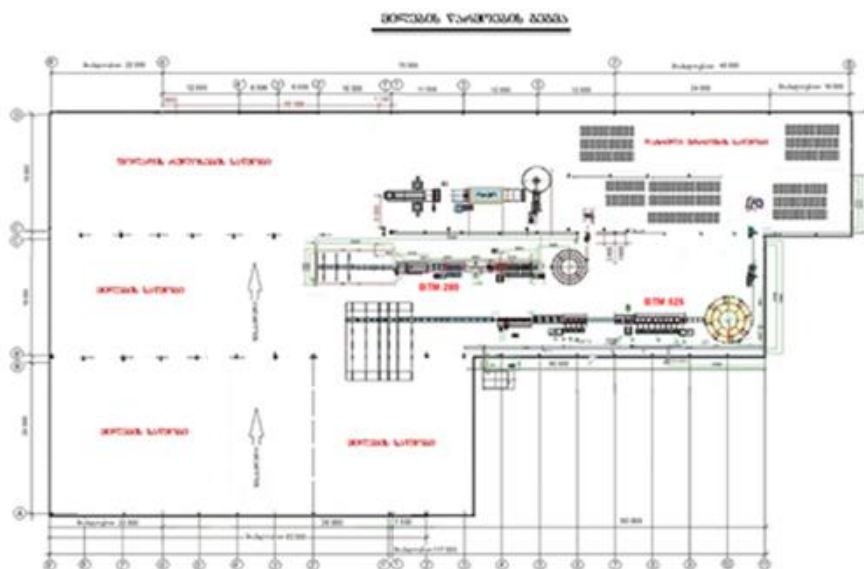
ზემოთჩამოთვლილი ფაქტორები მეტყველებს შემუშავებული ტექნოლოგიური სქემის ტექნიკურ-ეკონომიკურ ეფექტურობაზე და, როგორც ჩვენს ქვეყანაში, ასევე სხვა რეგიონებში, საწარმოო ინფრასტრუქტურის გამოყენების პერსპექტივებზე. ასეთი კომპლექსების განთავსება აქტუალურია გაჩერებული საწარმოების ინფრასტრუქტურის ადგილზე, რეგიონებში, სადაც მოთხოვნაა ფოლადის ფურცელზე და მიღებზე.

**მეექვსე თავი მოიცავს** მინი-მეტალურგიული კომპლექსის ტექნოლოგიურ პროექტირებას.



ნახ. 4. ელექტროფოლადსადნობი საამქროს ტექნოლოგიური სქემა

1. ელექტრორკალური ღუმელი;
2. ღუმელ-ციცხვი;
3. ფურცელის საჩამოსხმო დანადგარი;
4. ურიკა ციციხით;
5. ურიკა კაზმით;
6. მასწორი მანქანა;
7. რულონის დამხვევი.



ნახ. 5. მილსაგლინავი წარმოების ტექნოლოგიური სქემა

ნახ. 4 და ნახ. 5-ზე მოცემულია მეტალურგიული კომპლექსის ფოლადის გამოდნობა-ჩამოსხმისა და მილების წარმოების უბნები. ახალი საწარმოს მშენებლობისას ჩვენს მიერ წარმოდგენილი მოდულების განთავსება

შესაძლებელია ახალ ან არსებული-მიტოვებული საწარმოების შენობა-ნაგებობებსა და ინფრასტრუქტურის ბაზაზე.

თუ გავითვალისწინებთ თანამედროვე მეტალურგიულ კომპლექსების მშენებლობის პრაქტიკას, ჯართზე მომუშავე ახალი საწარმოების მშენებლობა ჯდება საშუალოდ 250 აშშ დოლარი ერთი ტონა პროდუქციის წარმოებაზე, მივიღებთ:  $300\ 000\ ტ \times 250 = 75\ 000\ 000$  აშშ დოლარს

ხოლო იმ შემთხვევაში თუ კომპლექსის მშენებლობისათვის შევარჩევთ რომელიმე შესაფერის მიტოვებული საწარმოს ინფრასტრუქტურასა და შენობა-ნაგებობებს, მშენებლობის ფასმა შეიძლება 20% ღირებულებისა მოიკლოს.

ასეთ შემთხვევაში 75 მლნ. – 75 მლნ. 20% = 60 მლნ. აშშ დოლარს

**ცხრილი 11. საამქროს ძირითადი საწარმოო მაჩვენებლები**

მაჩვენებლების დასახელება	ლუმელზე
ლუმელის მოცულობა, ტ	50
მუშაობის კალენდარული დრო, დღე-ღამე	365
კაპიტალური შეკეთებები, დღე-ღამე	7
ცხელი გაჩერებები, დღე-ღამე	5,4
ფაქტიური სამუშაო დღე, დღე-ღამე	335
დნობის ხანგრძლივობა, წთ	47
დნობების რაოდენობა	6 007
წარმოებული ფოლადის რაოდენობა, ტ	300 350

**ცხრილი 12. პროექტის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები**

№	დასახელება	მაჩვენებელი
1	ფოლადსადნობი აგრეგატის მოცულობა, ტ	50.0
2	დნობის ხანგრძლივობა, წთ	47,0
3	პერსონალის რაოდენობა, კაცი	453
4	საშუალო თვიური ხელფასი, აშშ დოლარი	276.0
5	პროდუქციის თვითღირებულება, აშშ დოლარი	406,7
6	კაპიტალდაბანდების რაოდენობა ახალი საწარმო, მლნ აშშ დოლარი	75,0
7	კაპიტალდაბანდების რაოდენობა ძველის ადგილზე მლნ აშშ დოლარი	60,0
8	წლიური წმინდა მოგება, აშშ მლნ აშშ დოლარი	20,7
9	პროექტის ამოგების პერიოდი ახლის შემთხვევაში, წელი	3,5
10	პროექტის ამოგების პერიოდი ჩველის შემთხვევაში, წელი	2,9

## დასკვნა

1. მეტალურგიულ პრაქტიკაში წინაწარმომქმნელ მინარევებში ეკოლოგიურად მავნე მლღობი შპატის ბორისშემცველი მინარევით-კოლემანიტით ჩანაცვლების და დესულფურაციის გაუმჯობესების მიზნით ნახშირბადიან ფოლადზე ჩატარებული ექსპერიმენტული დნობების შედეგად, როდესაც მინარევების დოზირება ხდებოდა 5.0 კგ/ტონაზე ანგარიშით. მ.შ. კირი - 2,75კგ/ტ; მაგნეზიალური ფლუსი - 0,6კგ/ტ; ალუმინის წარმოების ნარჩენები - 0,65 კგ/ტ; კოლემანიტი - 1,0 კგ/ტ., დავადგინეთ:

- დესულფურაციამ ამ დნობებზე შეადგინა 65,7% და 63,3%, მაშინ როდესაც მლღობი შპატის გამოყენებისას დესულფურაციის ეფექტი შეადგინდა 30,6%;
- კოლემანიტის გამოყენებისას წინაში გადასული ბორის ანჰიდრიდიდან მოხდა ბორის აღდგენა, ანუ ფოლადის მიკროლეგირება 0,001% და 0,0095% ოდენობით, რითაც ფოლადში მივიღეთ:
- წვრილდისპერსიული ფერიტო-ბენიტური ტიპის სტრუქტურა;
- წარმოიქმნება მრგვალი ფორმის არა უმეტეს 5 მკმ ზომის ჩანართები;
- ნამზადების მექანიკური თვისებების განსაზღვრისას დნობაზე 0,001% ბორის შემცველობის პირობებში დროებითი წინააღმდეგობამ  $\sigma_{\text{დ}}$  შეადგინა 650 მპა მაშინ, როდესაც ბორის გარეშე შპატით დამუშავებულ ნაღობზე ეს მაჩვენებელი 610 მპა შეადგენს. დენადობის ზღვარის  $\sigma_{\text{ზ}}$  მაჩვენებლებიც შესაბამისად 575 მპა 540 მპა- სთან შედარებით;
- კოლემანიტის ღირებულება შპატთან შედარებით 5-ჯერ ნაკლებია, რაც ფოლადის თვითღირებულებას ამცირებს;
- მლღობი შპატის მინარევებიდან ამოღებით მოხდა ეკოლოგიური ფონის გაჯანსაღება.

2. ფოლადის ჩამოსხმის პროცესში საჩამოსხმო ჭიქის შიდა და გარე კედლების მაღალი ტემპერატურის ზემოქმედებისაგან დასაცავად და ჩამოსხმის არეალში ინერტული გარემოს შესაქმნელად შევიმუშავეთ საჩამოსხმო მოწყობილობა, რომელიც უზრუნველყოფს:

- თხევადი ფოლადის მენისკის არეალში ინერტული აირის გარემოს შექმნას, რაც ლითონს იცავს ატმოსფერული ჟანგბადის ზემოქმედებისაგან;



- ინერტული აირების არხებში დინების ტემპერატურისა და წნევის შერჩევარეგულირებით ჩამოსხმული ფურცლის ზედაპირის ხარისხის გაუმჯობესებას;
- ძვირადღირებული საჩამოსხმო ჭიქის ტემპერატურამედეგობის გაზრდით, ანუ მისი ექსპლოატაციის დროის გახანგრძლივებით ფოლადის თვითღირებულების შემცირებას.

3. სწორნაკერიანი ფოლადის მილების წარმოების პროცესში, შედუღების კვანძში ნაკერის ტანში ე.წ. „ცივი ბზარების“ ანუ ფლოკენების წარმოქმნის აღსაკვეთად შემუშავეთ მილის ნაკერის ინერტული აირით დაცვის ტექნოლოგია, რომლის საშუალებითაც:

- 3,5 ატმ წნევის პირობებში სპრეერების დახმარებით არგონით გაფრქვეულმა ემულსიამ შექმნა მილის ნაკერის თავზე ღრუბელი, რომელიც მილის შედუღების ზონას იცვას ატმოსფერული ჰაერის ზემოქმედებისაგან;

- გაფრქვეული ინერტული აირის ტემპერატურის შერჩევით მიღწეულია მილის ნაკერის გაციების საჭირო ტემპერატურა, რომელიც გამორიცხავს წყალბადით გამოწვეულ ბზარებს.

4. ფოლადის ფურცლის წარმოების ტრადიციული ტექნოლოგიური სქემა შედგება ფოლადსადნობი, საგლინავი და ფურცელსაგლინავი საამქროებისაგან.

ჩვენს მიერ შემუშავებულია ტექნოლოგიური სქემა, რომლის მიხედვითაც:

- თხევადი ფოლადის მიღება და მილების წარმოება ერთ სივრცეშია განთავსებული;
- ვიყენებთ ფურცლის პირდაპირი ჩამოსხმის ინოვაციურ “Castripe” ტექნოლოგიას, რომლის განთავსებაც 70,0 მეტრის სიგრძის შენობაშია შესაძლებელი და აღარ არსებობს ფურცელსაგლინავი საამქროს საჭიროება;
- ტექნოლოგიური პროცესების შემცირების ხარჯზე მცირდება: პროდუქციის წარმოების თვითღირებულება და კაპიტალური დანახარჯები 70%-ით ტრადიციულ ტექნოლოგიასთან შედარებით.

## გამოქვეყნებული პუბლიკაციები, რომელთა შინაარსი შეესაბამება დისერტაციის თემატიკას

1. ჯალიაშვილი თ.ი., მიქაძე ო.შ. სამეცნიერო ჟურნალი „საქართველის საინჟინრო სიახლენი“ № 1(81)2017. გვ. 97-101. უწყვეტად ჩამოსხმული ფოლადის ფურცლიდან მიღების წარმოების ინოვაციური კომპლექსის შექმნა.
2. ჯალიაშვილი თ.ი., მიქაძე ო.შ. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ენერჯია“ №3(87)2018. გვ. 64-74. ბორისუმცველი მინარევით ფოლადის დესულფურაცია და მიკროლეგირება.
3. ჯალიაშვილი თ.ი., მიქაძე ო.შ. საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალი „ინტელექტუალი“ № 36.2018 გვ. 123-130. ფოლადის ჩამოსხმის ტექნოლოგიის გაუმჯობესება.

## Abstract

The dissertation thesis “optimization of technological processes to produce seam pipes in mini-metallurgical complexes” is about the issues of the optimization of the technological processes before producing final steel alloy products – pipes. The work incorporates the results obtained from the works performed for four different technological issues:

Boron containing slag-forming admixture allowing to improve the quality of the steel to be treated, as well as to improve environmental situation by removing fluorspar from the technology and to reduce the steel cost on the account of utilizing the wastes from the production of other metallurgical products was elaborated for the purposes of treating the steel produced from the steel furnace in the ladle. Experimental fuses showed that the fluidity of the slag and desulfurization potential grow when replacing the fluorspar by boron containing material – colemanite, meaning that the replacement of the fluorspar is feasible. Besides, boron in the ready steel was restored from boron anhydride in the slag. Also, small amount of boron utilized during the steel treatment process does not result in acute toxic effects in the environment when using spar hence making its utilization environmentally safe.

The established amount of lime content in the slag-generating admixture is conditioned by the necessity of the slag formation required for high-base deep refining in the ladle. This allowed us to bring sulfur content in metal to 0,010-0,20% which compared to the initial content (0,035-0,040%) is significantly low completely satisfying word standard requirements.

Steel jet is in contact with the atmosphere during the steel casting process causing its enrichment with hydrogen and oxygen. We have elaborated a casting device which protects from the impact of atmospheric air and allows to make the technology perfect. In particular, the presented structure of the device, the channels available in its body, create inert atmosphere on the metal surface protecting it from the impact of atmospheric oxygen, from one side, and protect from the temperature shots by means of inert gas movement in the channels, from the other side, hence prolonging its resistance, reducing the cost of the produced steel plate and providing stable production of the high quality plate.

Longitudinally welded pipes are manufactured by heating the edges of carbon steel plate at high frequency current and by mutual fusion. In initial heating the temperature of the surface of the pipe size shaped steel plate ranges within 550-680°C. Often after welding hydrogen remains in longitudinally welded part of the pipe leading to the danger of crack forming. Besides, change of the cooling water temperature impacts the welded parts, breaks normal structure of the steel and the welded point gets breakable structure.

The method for protecting the welded part with the inert gas and emulsion jet in order to reduce the impact of the atmospheric air during the welding process has been elaborated by us. The test run showed that under 3,5 atm pressure conditions, water containing emulsion sputtered and sprayed with argon jet creates a cloud which, from

one side, protects the welded area of the pipe from the impact of the atmospheric air and, from the other side, provides roll cooling within the necessary temperature range.

Last generation metallurgic units are well known with their high technology, efficiency and high compatibility which is important for the technical rearmament and upgrade process of the plants. Comparison of the schemes of the steel plate production with conventional and modern technologies is a visible example of the progress observed in the metallurgy industry over the recent years. Steel melting, molding, slab burning with further heating and an entire technological chain of the plate rolling under the old scheme, in continuous two-roll casting have been drawn to just two main operations – melting, treatment outside the furnace, and plate casting.

If in conventional technology the length of just plate rolling plant was 1000-1200 m, the continuous plate casting plant with the steel melting furnace, casting machinery and plate rolling can fit into 90 m building.

We have elaborated the technological scheme aimed at incorporating the steel melting, plate casting and pipe manufacturing technological processes in one production space that has no analogue in the metallurgy practice.

Despite the fact, that the quality of the continuously casted plate satisfies the requirements of the current standards, such a plant complex has other obvious advantages over the production with the traditional technologies, namely:

- Reduction of hazardous emissions by 70-90%;
- Low capital expenditure during construction due to reduction of the unit costs, production space capacity and electricity consumption.