

სტუ-ს საგრანტო # 83 პროექტი

„ადგილობრივი ნედლეულის ბაზაზე რკალური შედუღების
უნივერსალური

საელექტროდო დანაფარის შემუშავება“.

შემაჯამებელი ტექნიკური ანგარიში

01.10.13-დან 01.07.14 -მდე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის

№ 83 საგრანტო პროექტის ხელმძღვანელი,

პროფ. არტურ სულამანიძე

პროექტის ძირითადი მიზანებია: უნივერსალური საელექტროდო დანაფარის შექმნა ადგილობრივი ნედლეულის გამოყენებით ; ადგილობრივი მრეწველობის განვითარება, მოსახლეობის დასაქმება და უმუშევრობის შემცირება.

შემოთავაზებული დანაფარის ნივთიერება ადგილობრივი ნედლეულის ბაზაზე დაფუძნებულია ტიტანის, ალუმინის და მაგნიუმის და სხვა ჟანგეულების გამოყენებით , რომელიც შეადგენს დაახლოებით 30%-ს. მასში შემავალი ყველა კომპონენტი, უზრუნველყოფს მაღალი ხარისხის შენადული ნაკერის მიღებას. შესამუშავებელი დანაფარის უნიკალურობა მდგომარეობს იმაში, რომ მისი გამოყენება შესაძლებელი იქნება დაბალნახშირბადიანი, მცირედლევირებული ფოლადების შედუღებისათვის . აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ნედლეული არის იაფი და ადვილადმისაწვდომი.

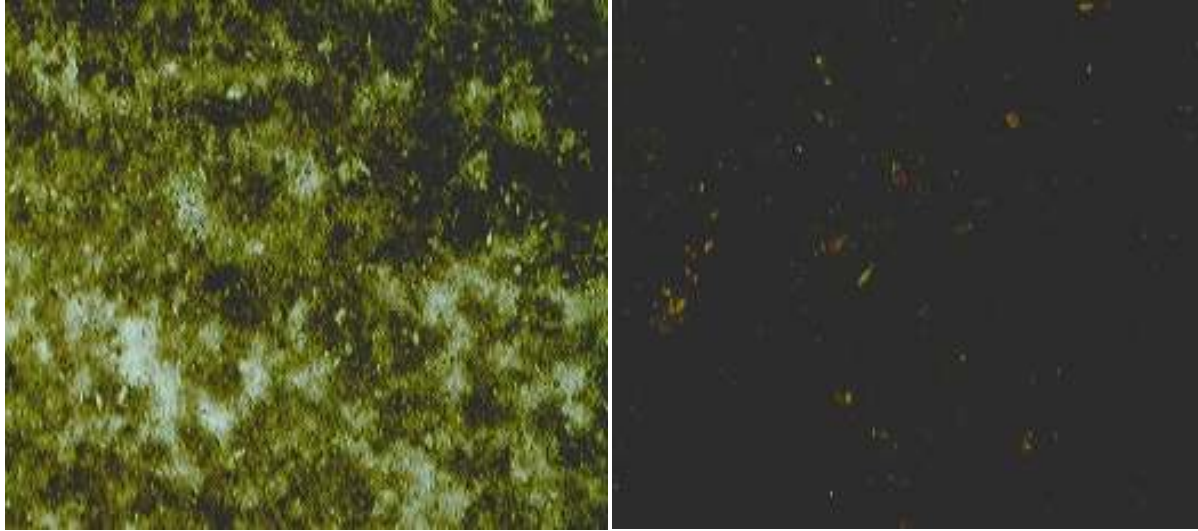
საქართველოში მოიპოვება შემდეგი სახის დანაფარებისათვის გამოყენებადი მასალები: თელავის მარმარილო, საჩხერის ქვიშა, ზნაურის ტალკი, ზუგდიდის ცელულოზა, ტყიბულის კაოლინი, კასპის რთული შემცველობის მადანი.

მოხდა ამ უკანასკნელის გამოკვლევა.

ნიმუში №1 კაოლინური თიხა

მაკროსკოპულად ქანი ნაცრისფერია, თიხოვანი, მარილმჟავაზე რეაგირებს აქტიურად.

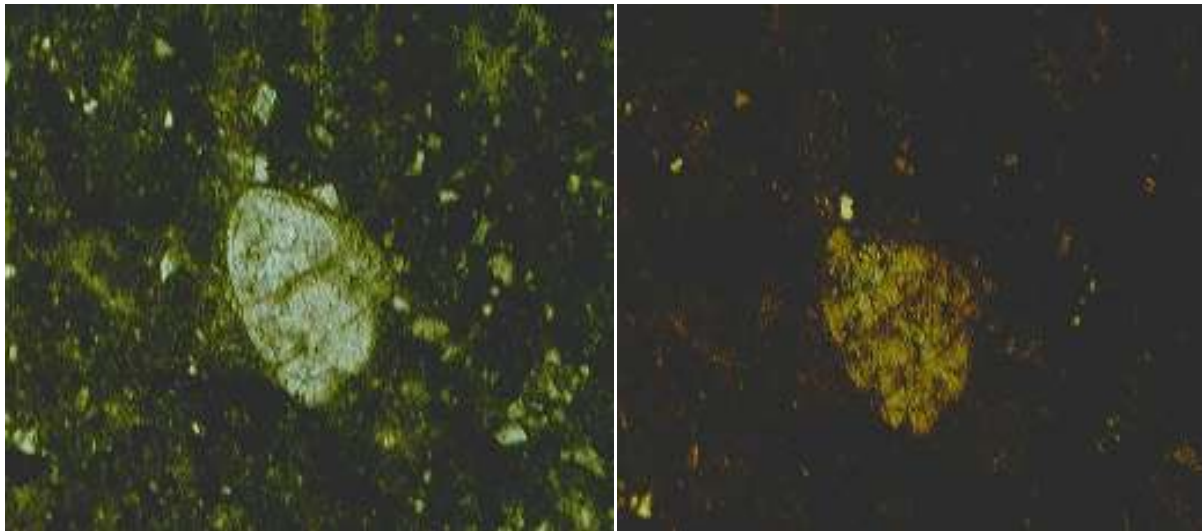
მიკროსკოპში ქანი მთლიანად თიხოვანი მასითაა წარმოდგენილი, რომელიც კარბონატითაა გაჯერებული. მექანიკური მასალა ძალიან მცირე რაოდენობითაა და წარმოდგენილია სავარაუდოდ მინდვრის შპატით.



ნახ1. ნიმუში №3 კალინური თიხა ორგანოგენული მასალით

მაკროსკოპულად ქანი ღია ნაცრისფერია, თიხოვანი, მარილმჟავაზე რეაგირებს აქტიურად.

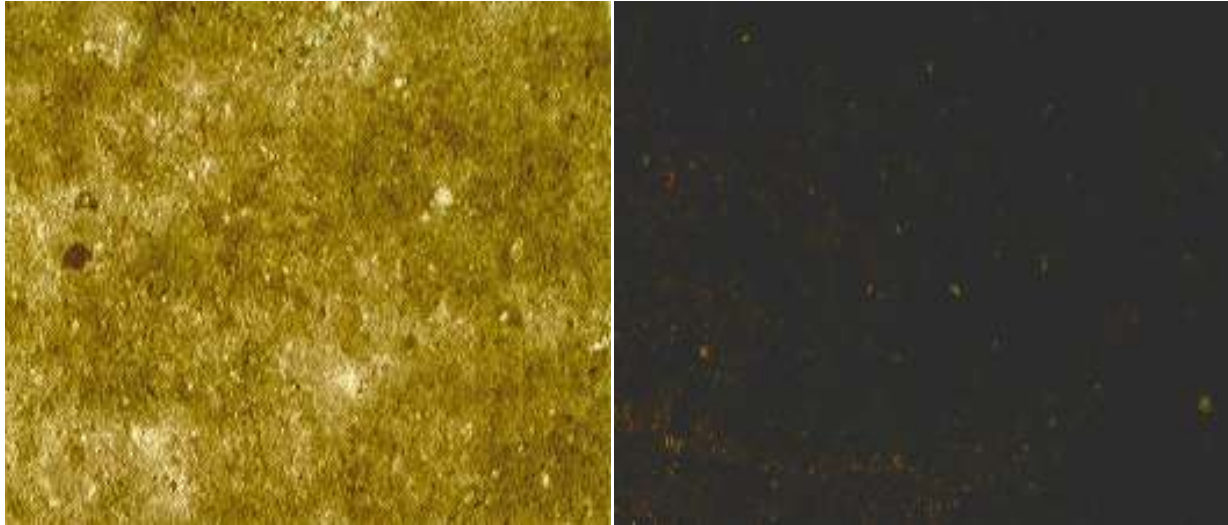
მიკროსკოპში ქანი მთლიანად თიხოვან-კარბონატული მასითაა წარმოდგენილი, მასში საკმაო რაოდენობითაა ორგანოგენული მასალა სხვადასხვა ზომის ჩანართებით.



ნახ.2. .ნიმუში №4 კალინური თიხა

მაკროსკოპულად ქანი ღია ნაცრისფერია, თიხოვანი, მარილმჟავაზე რეაგირებს აქტიურად.

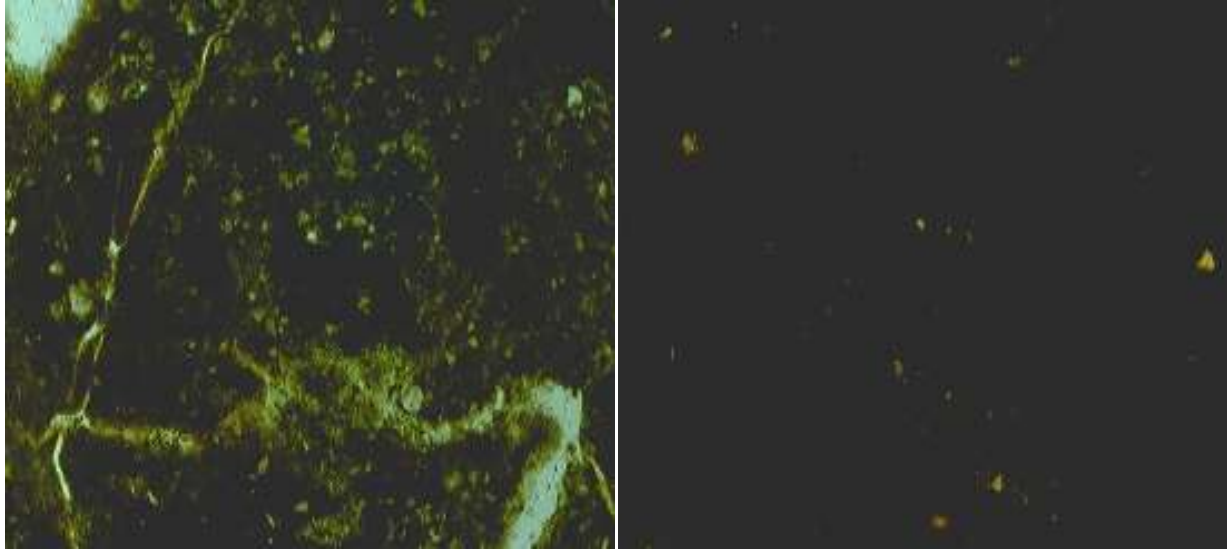
მიკროსკოპში ქანი წარმოდგენილია თიხოვანი მასით, კარბონატი თიხასთან წვრილმარცვლოვან მასაშიც არის შერეული, ზოგჯერ კი ცალკეულ მარცვლებსაც იძლევა.



ნახ.3. ნიმუში №5 ნატეხური აგებულების თიხოვანი ქანი

მაკროსკოპულად ქანი ნაცრისფერია, ნატეხური აგებულების, ადვილად იფშვნება, მარილმჟავაზე რეაგირებს აქტიურად.

მიკროსკოპში ქანი ნატეხური აგებულებისაა, ჭარბობს თიხოვანი მასა და დიდი რაოდენობით შეიცავს სხვადასხვა წვრილმარცვლოვანი მექანიკური მასალით აგებულ (ალევიროლითური) ქანის ნატეხებს



ნახ. 4. ნიმუში №6 ნატეხური აგებულების თიხოვანი ქანი

დანაფარების დამზადება

მადნის ნედლეულს ჯერ ვრეცხავდით შემდეგ ვაშრობდით და დაწვრილმარცვლოვანებით ღეროვან და ვიბრაციულ წისქვილებში დანაფარების დაწვრილმარცვლოვანებას ვაწარმოებდით ორ სტადიად, პირველი უხეში დაწვრილმარცვლოვანება, მეორე - წმინდად დაფქვა. დაწვრილმარცვლოვანებულ კომპონენტებს ვატარებდით საცრებში ნახვრეტებით 140 μm და უფრო წვრილი.

საგლესი მასის კაზმის დამზადებას ვაწარმოებდით შემდეგი თანმიმდევრობით:

- კომპონენტების დოზირება რეცეპტით;
- მშრალი კომპონენტების შერევა;
- საგლესი მასის დამზადება (სველი ნარევი);
- ბრიკეტების დამზადება.

მშრალი კომპონენტებისა და თხევადი მინის შერევით მივიღეთ პლასტიკური საგლესი მასა ელექტროდების დასაპრესად. ბრიკეტები დავამზადეთ დასაბრიკეტებელ პრესზე.

ელექტროდების დასამზადებლად საჭიროა დამფარავი მასის დასმა (დაპრესვა) ღეროზე, რაც ხორციელდება ელექტროდის დასამზადებელი პრესის დახმარებით, თუმცა არსებობს ამოვლების მეთოდი, რომელიც დღეისათვის აღარ გამოიყენება. დღეისათვის ელექტროდები მზადდება პრესის დახმარებით.

პრესები წნევის მიხედვით არის საშუალო წნევის (15 – 20) MPa და მაღალი წნევის (60 – 80) MPa. საშუალო სიმტკიცის პრესები იძლევიან საკმაო სიმტკიცის დაფარვას, რაც გვაძლევს საშუალებას საშუალებას ელექტროდების ბოლოები გავასუფთაოდ მექანიკურად დაფარული ნივთიერებებისაგან, დარჩენილი დანაფარი მასის დაზიანების გარეშე. თანამედროვე პრესების წარმადობა მაღალია და ის აღწევს 600-800 ცალი წუთში. დაპრესვა მიმდინარეობს აგრეგატების დახმარებით, რომელთა შემადგენლობაში შედის ავტომატი ღეროების მისაწოდებლად, ელექტროდების დამპრესავი პრესი, შუალედური და მიმღები კონვეირი, ელექტროდების ბოლოების გამწმენდი მოწყობიულობა.

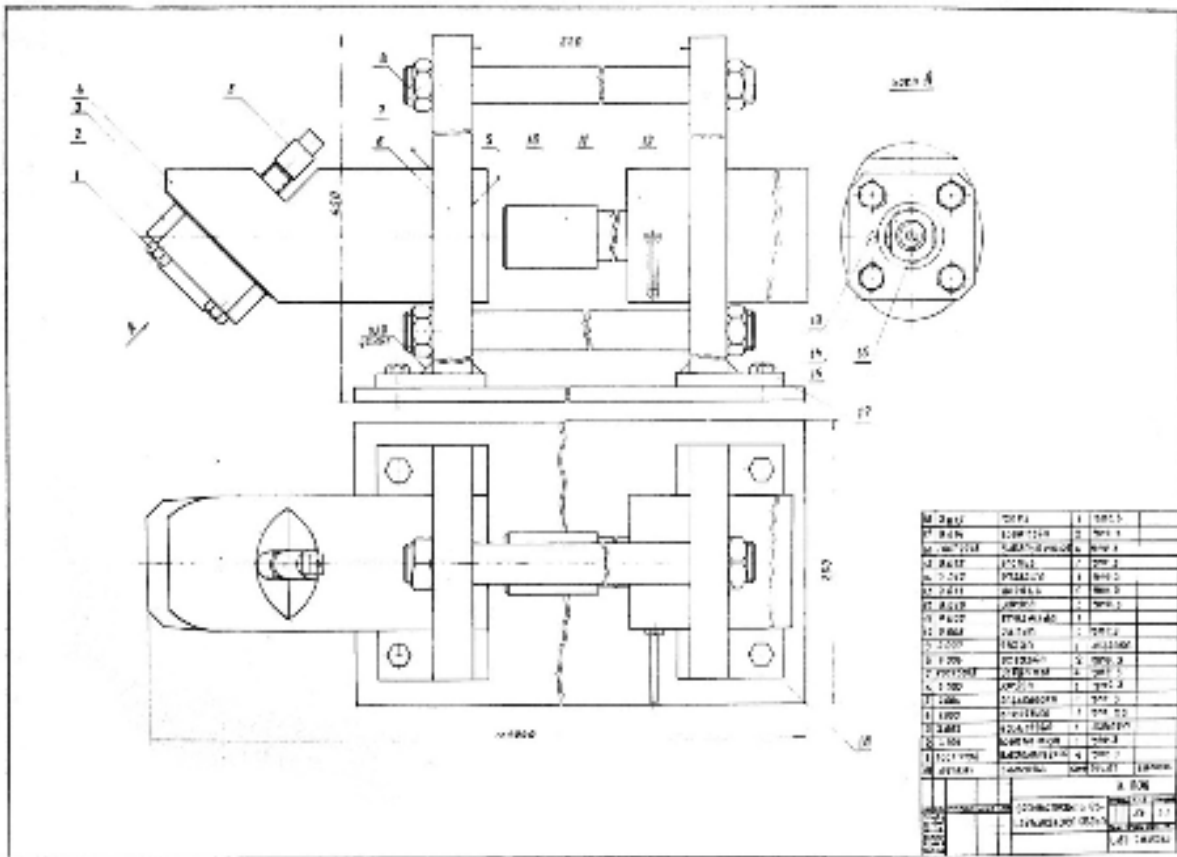
დამფარავი მასა წნევის ქვეშ დგუშის დახმარებით მიეწოდება ცილინდრში, რომელშიც შემოდის აგრეთვე დაჭრილი მავთული სიგრძით (250, 300, 350, 400, 450) მმ და გამოდის დაპრესილი ელექტროდები.

პრესი უკეთებს ღეროს დაფარვას და ელექტროდს აძლევს საბოლოო სახეს .

ელექტროდების დასამზადებელ პრესებს უშვებს მრავალი ქარხანა. ჩვენთვის საჭიროა დაპროექტებული და დამზადებული იქნას ლაბორატორიული პრესი.

ნახ. 5. მოცემულია ლაბორატორიული პრესის სქემა, რომელიც უზრუნველყოფს დანაფარის დაპრესვას ღეროზე. ლაბორატორიული პრესები შეიძლება იყოს პნევმატური ან მექანიკური. ჩვენს შემთხვევაში გადავწყვიტეთ დაგვემზადებინა მექანიკური ქვევით მოცემული ნახაზებით.

სამწუხაროდ ტენდერის გამოცხადების დაგვიანების გამო მეორე კვარტალსი ვერ მოხერხდა ჩვენს მიერ დაპროექტებული პრესის დაგვიანება. ამიტომ კვლევითი



ნახ.5. ლაბორატორიული პრესის სქემა.

სამუშაოების გარკვეული ნაწილი ჩატარდა მეტალურგიისა და მასალათმცოდნეობის ინსტიტუტში.

მეორე კვარტალში მიღებული იქნა პატენტი ელექტროდების დანაფარებზე P 5989.

გამოგონება განეკუთვნება შედუღების წარმოების სფეროს, კერძოდ სამემდუღებლო მასალებს, რომელიც გამოიყენება დაბალნახშირბანდიანი და დაბალლეგირებული

ფოლადების საპასუხისმგებლო კონსტრუქციების შესადუღებლად, ნებისმიერ სივრცით ვითარებაში, როცა შენადულ ნაკერს მოეთხოვება მაღალი პლასტიკურობა.

ცნობილია მასტაბილიზირებელი დაფარვა, რომელიც შეიცავს შემდეგ კომპონენტებს: სილიკატებს, Me_2SiO_3 (15-20%), კარბონატებს Me_2CO_3 (75-80%) ტუტეებს KOH , NaOH (2-5%) .

აღნიშნული ელექტროდის დანაფარის ნაკლია შედარებით ნაკერის დაბალი მექანიკური მახასიათებლები.

გამოგონების არსია ის, რომ ელექტროდის დანაფარი შეიცავს ტიტანს, ვანადიუმს, მანგანუმს, რკინას, ცირკონიუმს, კალციუმს, ნიობიუმს, კობალტს, სპილენძს, კალიუმს, კადმიუმს, ქრომს, ნიკელს, ალუმინს, მაგნიუმს, სილიციუმს - ოქსიდების სახით შემდეგი თანაფარდობით მას.%

TiO_2	29.0-34,88
VO_2	0,2 – 0,585
MnO_2	2,0- 8,65
Fe_2O_3	5,0 -14,91
ZrO	0,01-0,11
CaO	5,0-13,72
NbO	0,001-0,119
Co_2O_3	0,0001- 0,015
CuO	0,002-0,005
K_2O	3,0-9,4
Cd O	0,01-0,11
Cr_2O_3	0,01-0,022
NiO	0,002-0,008
Al_2O_3	5,0-10,95

MgO 0,5- 1,5

SiO₂ დანარჩენი

გამოგონების ტექნიკური შედეგია ის, რომ გამოგინება უზრუნველყოფს ნაკერის მაღალ ხარისხს. აწვრილმარცვლოვანებს სტრუქტურას და ზრდის მექანიკურ მახასიათებლებს, რაც გამოწვეულია შერეულ ინტერვალში მითითებული კომპონენტების პროცენტული შემცველობით.

დანაფარის შემადგენლობაში TiO₂ (29-34,88) შეტანა ამაღლებს განჟანგვის პროცესს და აუმჯობესებს წიდის წარმოქმნას, აწვრილმარცვლოვანებს შენადული ნაკერის სტრუქტურას. VO₂ (0,2 – 0,585) , აქტიური განმჟანგველია და ამოიწვება შედუღების პროცესში; MnO₂ (2,0- 8,65), კარგი განმჟანგველია, შედუღების პროცესს არ აფერხებს, ლეგირების შემთხვევაში ზრდის შენადული ნაკერის თვისებებს; Fe₂O₃ (5,0 -14,91) ახდენს რკინის აღდგენას და ნაკერის ლითონით შევსებას; ZrO (0,01-0,11) ცირკონიუმის შენადნობების დნობის ტემპერატურა მაღალია და კრისტალიზაციის პროცესში წარმოქმნის კრისტალიზაციის ცენტრებს, ზრდის ნაკერის სიმტკიცეს. CaO (5,0-13,72), იწვევს რკალის სტაბილიზაციას; K₂O (3,0-9,4), მისი ნაერთი, როგორცაა პოტაში, გამოყენება ელექტროდის დაფარვაში. Al₂O₃ (5,0-10,95) კარგი განმჟანგველია. SiO₂ მიეკუთვნება წიდაწარმომქმნელ კომპონენტს. რომელიც უზრუნველყოფს შენადული ნაკერის კარგ ფორმირებას და წიდის ადვილად მოცილებას შენადული ნაკერიდან .

შედუღების აბაზანის კარგი განჟანგვა და დანაფარში ტიტანის ორჯანგის ვანადიუმის, მანგანუმის, ცირკონიუმის, ალუმინის, სილიციუმის ოქსიდების შემცველობა ზრდის ნაკერის მექანიკურ თვისებებს, აწვრილმარცვლოვანებს ნაკერის ლითონში სტრუქტურას შედარებით მასტაბილიზებელ დაფარვასთან. ამგვარად, შემთავაზებულ იდნაფარით დამზადებული ელექტროდები უზრუნველყოფს შენადული ნაკერის მაღალ ხარისხს და მწარმოებლობის ზრდას. დანაფარის მისაღებად გამოიყენება საქართველოს ერთ-ერთ რეგიონში კერძოდ, კასპის რაიონში არსებული მადანი. რომელიც თავისი ქიმიური შემადგენლობით წარმოადგენს ნედლეულს საშემდუღებლო მასალების დასამზადებლად. კონკრეტულად კი ელექტრორკალური შედუღების ელექტროდების ახალი დანაფარების შესაქმნელად. აღნიშნული რეგიონის საშემდუღებლო მასალები რუხი, ღია, სალათისფერი და თეთრი ნატეხებისაგან შედგება, რომელთა ქიმიური შედგენილობაც მთის სხვადასხვა ადგილას სხვადასხვაა. დანაფარის სრულყოფისათვის საჭიროა ოქსიდების დამატება.

საშემდუღებლო მასალების ქიმიური შემადგენლობა პროცენტებში მოცემულია ცხრილში.

გამოგონების ფორმულა:

ელექტროდის დანაფარი, რომელიც შეიცავს ტიტანს, ვანადიუმს, მანგანუმს, რკინას, ცირკონიუმს, კალციუმს, ნიობიუმს, კობალტს, სპილენძს, კალიუმს, კადმიუმს, ქრომს, ნიკელს, ალუმინს. მაგნიუმს, სილიციუმს ოქსიდების სახით შემდეგი თანაფარდობით მას. %: (ზემოთ მოცემული ცხრილით)

დაპროექტებულ პრესზე, ГОСТ 9466 – 75 -ის [1] შესაბამისად, დამზადდა ფოლადების ხელით რკალური შედუღებისა და დადუღებისათვის ლითონური დანაფარიანი ელექტროდები.

ელექტროდების ღეროები დამზადებულ იქნა ГОСТ 2246 -ის შესამისი ელექტროდების დასამზადებელი საშემდუღებლო მავთულისაგან.

დამზადებული ელექტროდები იყო მკვრივი, მტკიცე, გამონაბერების, ფორების, კოჭრების და ბზარების გარეშე.

4 მმ დიამეტრის ელექტროდების დანაფარები არ ირღვეოდა 0,5 მ სიმალიდან, ხოლო 3 მმ დიამეტრის ელექტროდების დანაფარები არ ირღვეოდა 1 მ სიმალიდან, ფოლადის ფილაზე ბრტყლად ვარდნისას.

შედუღების რეჟიმის პარამეტრების დაცვისას რკალი ადვილად აიგზნებოდა და სტაბილურად ენთო.

ახალი საელექტროდო დანაფარის შექმნისას განსაკუთრებულად მნიშვნელოვანია რკალის განმეორებითი ანთების საიმედობა. რკალის განმეორებით ანთება ელექტროდის ტექნოლოგიური თვისებაა, უზრუნველყოს ადვილად ადაგზნოს რკალი, გაწყვეტის შემდეგ, ლითონთან ცივი კონტაქტის დროს. ამ დროს რკალის ანთება ხდება ელექტროდის ტორსის ძირითად ლითონთან შეხებისას დარტყმის გარეშე, ანუ არ უნდა მოხდეს ელექტროდის ბოლოში გაუმდნარი მილისებური დანაფარის ნგრევა.

რკალის პირველადი ანთება ხდება მარტივად, რადგან ელექტროდის საკონტაქტო ტორსზე არ არის დანაფარი. შედურების პროცესში წარმოიქმნება გაუმდნარი დანაფარისაგან მილისებური გამონაშვერი. ელექტროდის დანაფარი ელექტროგაუმტარია და რკალის გაწყვეტის დროს ის ის ქმნის რკალის ხელმეორედ

ანთებისას პრობლემებს. რკალის ხელმეორედ ანთებისას გარკვეული ძალით ურტყავენ ელექტროდს შესადუღებელ ნაკეთობას, რათა მოამტვირონ გაუმდნარი მილისებური დანაფარის გამონაშვერი. ამ დროს მყარდება ელექტროდსა და შესადუღებელ ნაკეთობას შორის კონტაქტი. ხშირად ხდება არა მარტო მილისებური დანაფარის გამონაშვერის, არამედ მასთან მიმდებარე დანაფარის რღვევა, რაც თავის მხრივ განაპირობებს რკალის არასტაბილურობას, შედუღების აბაზანის ცუდ დაცვას და შესაბამისად უარესდება შენადული ნაკერის ქიმიური შემადგენლობა და მთლიანად ხარისხი.

ISO - ს სტანდარტებით დაუშვებელია ცუდი მეორადი ანთება რკალის შემთხვევითი გაწყვეტის დროს. ამრიგად, როგორც საქართველოში მოქმედი ГОСТ 9466 – 75 -ისა და განვითარებულ ქვეყნებში მოქმედი სტანდარტების მოთხოვნის შესაბამისად რკალის განმეორებითი ადვილი ანთება აუცილებელია.

დაფარული ელექტროლით რკალის განმეორებითი ანთების კვლევები მოცემულია ნაშრომებში [2-5].

ნაშრომში [2] მოცემულია აღნიშნული პრობლემის გადაჭრის გზები: რკალის განმეორებითი ადვილი ანთება კვების წყაროს მახასიათებლების ხარჯზე ან საელექტროდო დანაფარების თვისებების უზრუნველყოფით.

კვების წყაროს მახასიათებლების მეშვეობით პრობლემის გადაჭრისას საჭიროა ელექტროდზე გაიზარდოს ძაბვა რათა მოხდეს დიელექტრიკული ფენის გარღვევა და აღიგნოს რკალი. ეს დაკავშირებულია კვების წყაროს სიმძლავრის გაზრდასთან, რაც თავის მხრივ ხშირად არასასურველია.

რკალის განმეორებითი ადვილი ანთება საელექტროდო დანაფარების თვისებების უზრუნველყოფით წარმოადგენდა ჩვენ ერთერთ ამოცანას. შედარებისათვის გამოვიყენეთ რუტილის დაფარიანი ელექტროდები MP -3 ГОСТ 9466-75. აღნიშნული და ჩვენს მიერ დამზადებული ელექტროდები შედარდა ავტორების [4] მიერ შემუშავებული ელექტროდების განმეორებით ანთების შეფასების მეთოდით.

შეფასება ხდებოდა შემდეგი კრიტერიუმებით:

- მილისებური დანაფარის გამონაშვერის სრული გაცივების შემდეგ, რღვევის გარეშე, რკალის მყისიერი ანთება ;

- მყისიერი ანთება რკალის ნთების ხანმოკლე (10 – 30 წმ) შეწყვეტის შემდეგ დანაფარის გამონაშვერის რღვევის გარეშე;
- შენელებული ანთება რკალის ნთების ხანმოკლე (10 – 30 წმ) შეწყვეტის შემდეგ დანაფარის გამონაშვერის სრული რღვევის შემდეგ;
მოყვანილი კრიტერიუმებით შედარებითი შეფასებისას ელექტროდების განმეორებით ანთებას ენიჭებათ შემდეგი ბალები: „ანალოგზე უკეთესი“ -3; „ანალოგის დონეზე“ - 2; „ანალოგზე უარესი“ - 1; „ანალოგზე გაცილებით უარესი“ - 0.

ამ მეთოდით მოხდა 3 და 4 მმ დიამეტრის ახალი დანაფარიანი ელექტროდების შედარება ანალოგთან. გამოყენებულ იქნა პირველ და მეორე კრიტერიუმებისათვის ათ-ათი განმეორებითი (სულ 80) ანთება. შედარებისას რკალზე მოდებული ელექტრული პარამეტრები იყო მუდმივი 3 და 4მმ დიამეტრის ელექტროდების შესაბამისად. ასევე იყო დაახლოებით თანაბარი მეორადი ანთებისას ახალი და ანალოგიური ელექტროდის სიგრძე. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ დანაფარის გამონაშვერის სრული რღვევა (მესამე კრიტერიუმი) ფაქტიურად არ დაფიქსირდა. მოყვანილი კრიტერიუმებით შეფასებისას და მინიჭებული ბალების მიხედვით არმოჩნდა, რომ 75% განმეორებითი ანთება შეესაბამებოდა „ანალოგის დონეზე“ ბალს. 15% - „ანალოგზე უკეთესი“ და 10% - „ანალოგზე უარესი“.

ელექტროდების განმეორებით ანთების შეფასება მოვახდინეთ ასევე გაუმდნარი დანაფარის მილისებური გამონაშვერის ტორსისა და ლითონის ფირფიტას შორის საკონტაქტო წინაღობის საანგარიშო მნიშვნელობით [5].

საკონტაქტო წინაღობის საშუალო საანგარიშო მნიშვნელობა შეადგენდა MP -3 ელექტროდებისათვის 52, 23 მომ -ს, ხოლო ახალი დანაფარიანი ელექტროდებისათვის 48, 16 მომ -ს.

ამრიგად , შეიძლება დავასკვნათ, რომ ახალი დანაფარიანი ელექტროდების გაუმდნარი დანაფარისაგან მილისებური გამონაშვერი დენგამტარია. ელექტროდის გაუმდნარი დანაფარის მილისებური გამონაშვერის შეხებისას ძირითად ლითონთან ადვილად იკვრება წრედი და აღიგზნება რკალი., მეორადი ანთება საიმედოა.

დანაფარი თანაბრად დნებოდა, მეტისმეტი გაშხეფვის გარეშე, არ ხდებოდა ნაჭრების ჩამოშლა.

ხელით ელექტრორკალური შედუღების დროს ღეროს მასის დანაკარგებია ამოწვისა და გაშხეფვაზე. ახალი დანაფარიანი ელექტროდები გამოვიკვლიეთ ამოწვისა და გაშხეფვაზე.

დანაკარგებს ამოწვისა და გაშხეფვაზე ვსაზღვრავდით ფორმულით

$$y = \frac{Q_{\text{gad}} - Q_{\text{dad}}}{Q_{\text{gad}}} \quad (1)$$

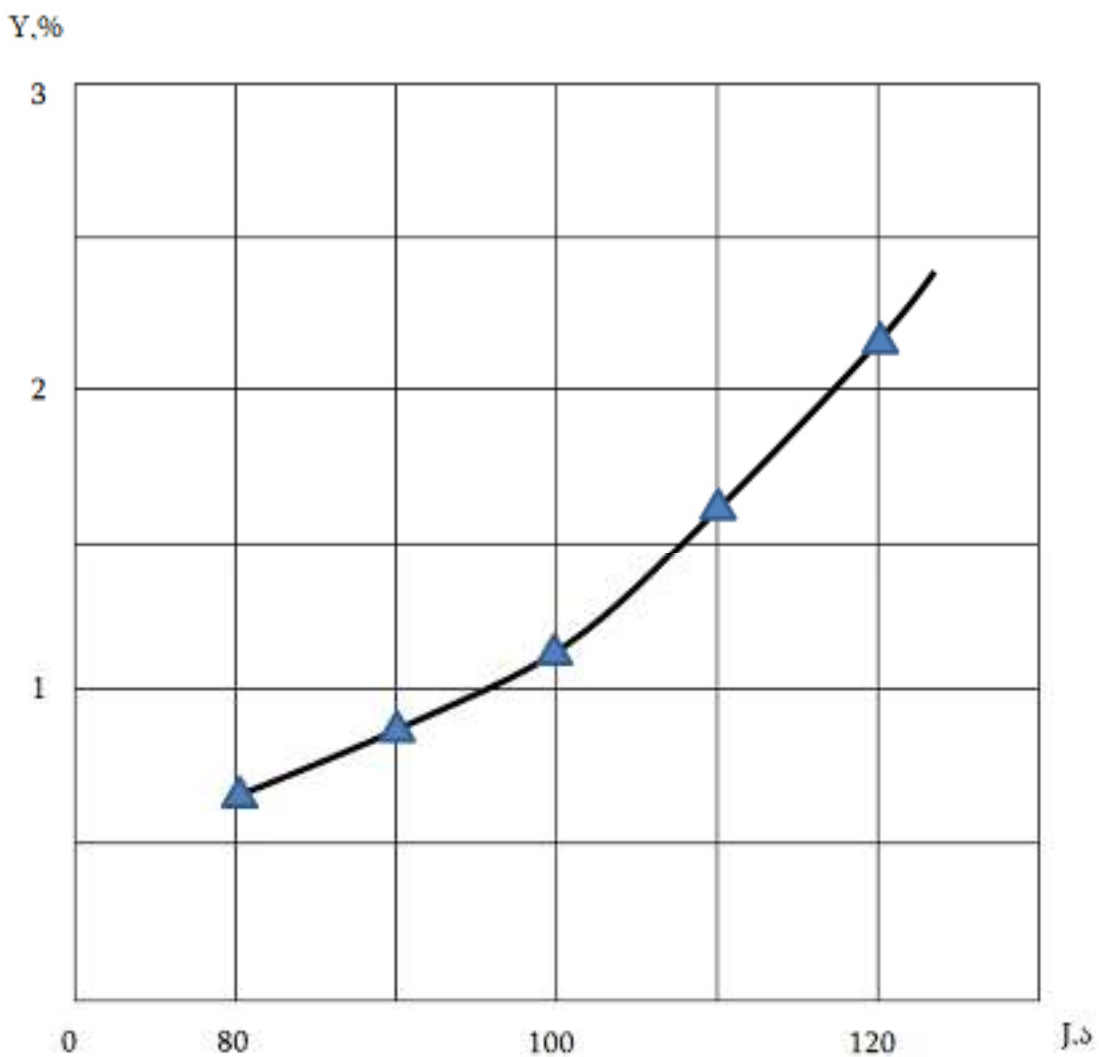
სადაც Q_{gad} - გადნობილი საელექტროდო ლითონია, გ; Q_{dad} - დადნობილი საელექტროდო ლითონია, გ;

ექსპერიმენტების დროს გამოვიყენეთ კვების წყარო BДУ -506. ახალი დანაფარიანი 3 მმ დიამეტრის ელექტროდები. ნახ. 1-ზე მოცემულია გაშხეფვისა და ამოწვის დამოკიდებულება შედურების დენზე. ჩვენ თუ შევადარებთ სხვადასხვა ლიტერატურულ წყაროებში მოცემულ იგივე სახეობის დანაფარიანი ელექტროდების დანაკარგებს ამოწვისა და გაშხეფვაზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ ჩვენს მიერ დამუშავებული ელექტროდები სავსებით შეესაბამება წაყენებულ მოთხოვნებს.

დანაფარიანი ელექტროდების მნიშვნელოვან მახასიათებელს წარმოადგენს გადნობის კოეფიციენტი, რომელიც იანგარიშება :

$$\alpha_{\text{gad}} = \frac{Q_{\text{gad}}}{It} \text{ (g/asT)}$$

სადაც Q_{gad} - რკალის ნთების t დროში გადნობილი ლითონის მასაა; I – შედუღების დენია. გადნობის კოეფიციენტმა შეადგინა $\alpha_{\text{gad}} = 11$ გ/ა.სთ.



ნახ. 6. გაშხეფვისა და ამოწვის დამოკიდებულება შედულები დენზე

ელექტროდი ტექნოლოგიური თვისებების შესამოწმებლად განხორციელდა ტესტურ და პირაპირა ნიმუშზე ერთმხრივი შედულება. გამოყენებულიქნა ფლ.3 მშ - ის 10 მმ სისქის ფირფიტები. შედულების დენს ვსაზღვრავდით:

$$I_{\text{sed}} = \frac{\pi d_{\text{el}}^2}{4} i, \text{ ა}$$

სადაც d_{el} - ელექტროდის დიამეტრია, მმ; I - დენის დასაშვები ძალა, ა/მმ².

3 მმ დიამეტრის ელექტროდებისთვის ვირებდით 17 ა/მმ². ხოლო 4 მმ დიამეტრი ელექტროდებისთვის 14 ა/მმ².

შედულებისას წარმოქმნილი წიდა უზრუნველყოფდა ნაკერის ლილვაკის სწორ ფორმირებას და გაცივების დროს ადვილად სცილდება.

ნაკერის ლითონში არ შეიმჩნეოდა ბზარები, ჩამონაგლეჯები და ზედაპირული ფორები. ტესსებური შეერთების ნიმუში მოცემულია ნახ. 2 -ზე.



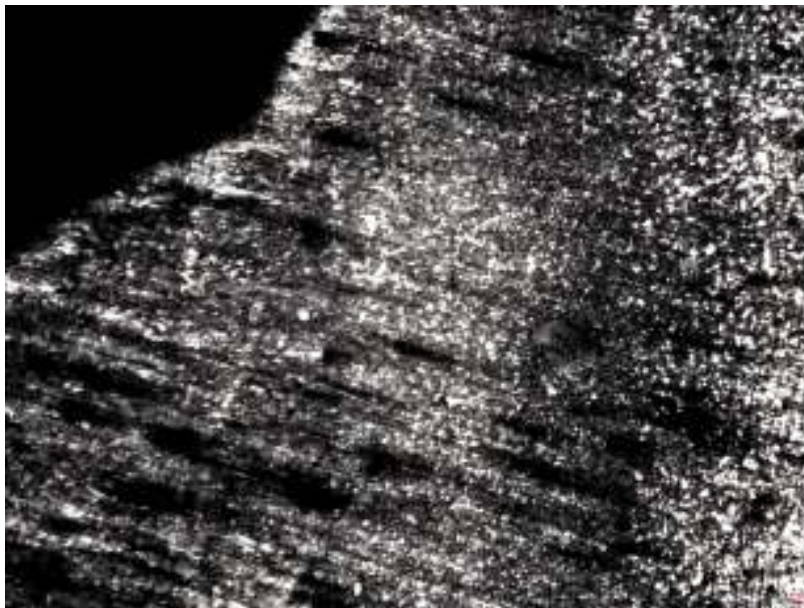
ნახ.7. ტესსებური შეერთების ნიმუში

შენადლული ნაკერების პარამეტრები შეესაბამება სტანდარტს, როგორც კუთხური ასევე პირაპირა, იხ.ნახ 8.



ნახ.8. შენადული ნაკერები ა) - კუთხური; ბ) - პირაპირა.

შენადული ნაკერების მიკროსტრუქტურული ანალიზი ჩატარდა ოპტიკურ მიკროსკოპ NEOFOT – 32 -ზე. წინასწარ მომზადდა მიკროხეხი და სტრუქტურის გამოვლენა მოხდა 3% -იანი აზოტმჟავით მოწამვლით. სტრუქტურული შესწავლა მოხდა გადიდებებზე X25 და X 100 -ჯერ. ნახ. 9.-ზე მოცემულია შენადული შეერთებების მიკროსტრუქტურა.



ა) X25



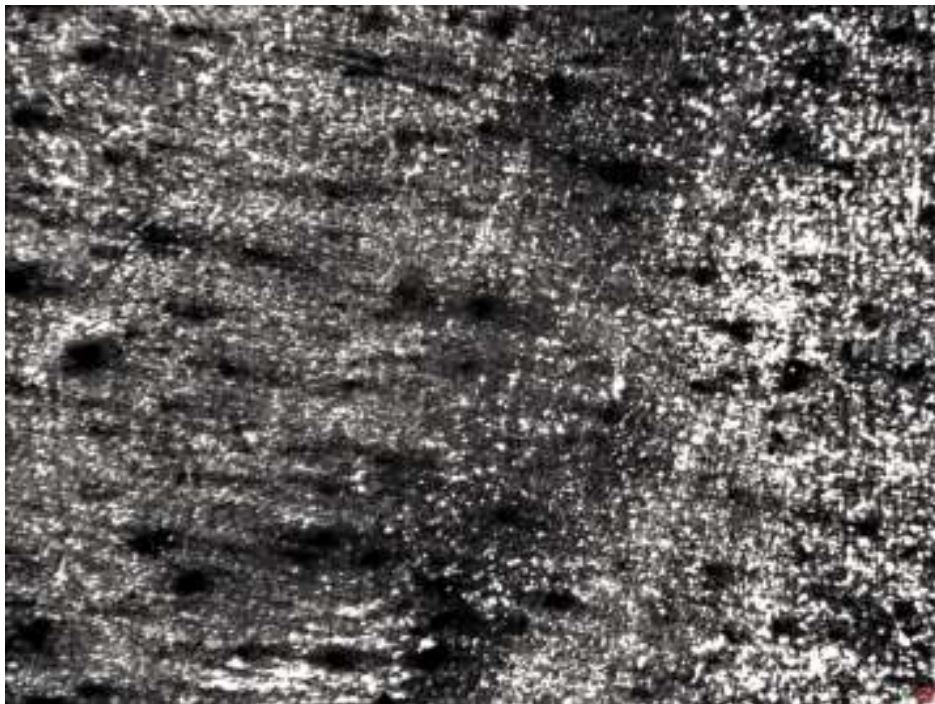
δ) X 100



δ) X25



g) X 100



g) X25

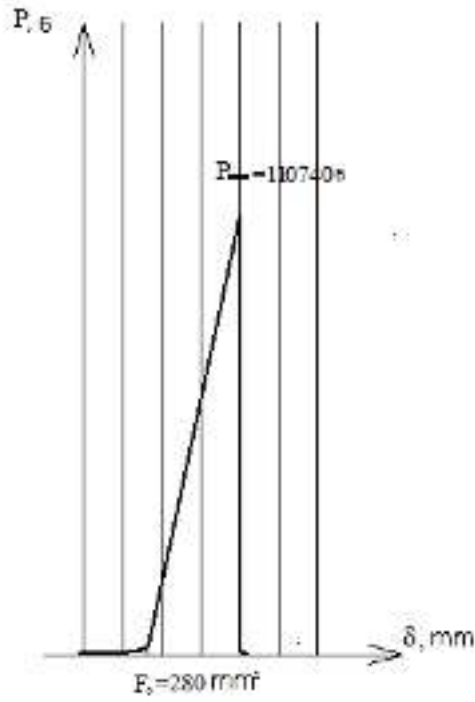
ნახ. 9. შენადული შეერთებების მიკროსტრუქტურა: ა) - კოთხური ნაკერი შედუღების ზონა X25 ; ბ) - კოთხური ნაკერი შედუღების ზონა X 100; გ) - პირაპირა ნაკერი X25 ; დ) - პირაპირა ნაკერი X 100; ე) პირაპირა ნაკერი შედუღების ზონა X25.

ლითონის მიკროსტრუქტურა (შენადული ნაკერიდან ძირითადი ლითონისკენ) წარმოადგენს წვრილმარცვლოვან ფერიტულ - პერლიტურ სტრუქტურას. შენადური ნაკერის ახლოს, ძირითად ლითონში შეინიშნება თერმული გავლენის ზონა. წვრილმარცვლოვანი სტრუქტურა შენარჩუნებულია თერმიულ გავლენის ზონაში. არ შეინიშნება მოზრდილი ზომის მარცვლები. მიკროხეხზე ჩანს შენადულ ზონებს შორის გადასვლა, რომელიც არის მდორე სუსტად გამოკვეთილი საზღვრებით. სისაღებზე გამოცდამ გვიჩვენა, რომ ამ მხრივაც არ არის დიდი სხვაობა ნაკერის თერმული გავლენის ზონასა და ძირითადი ლითონის მექანიკურ თვისებებს შორის.

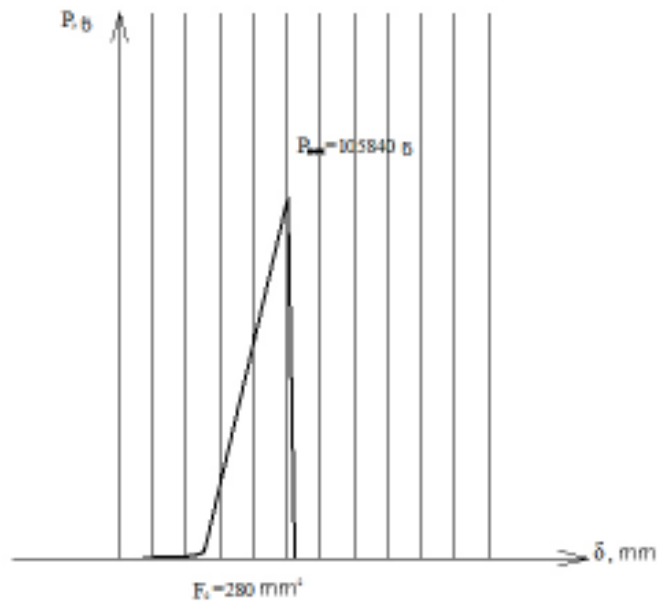
მექანიკური თვისებების შესასწავლად დამზადებული იქნა სტანდარტული ბრტყელი ნიმუშები. ეს ნიმუშები გამოვცადეთ გაჭიმვაზე FPZ – 100 ტიპის მანქანაზე. თვითმწერზე ჩაწერილ იქნა გაჭიმვის დიაგრამები კოორდინატებში „ დატვირთვა - დეფორმაცია“. გამოცდილ ნიმუშებიდან გაანგარიშებული იქნა ლითონის სიმტკიცისა და პლასტიკურობის მაჩვენებლები. გაჭიმვაზე გამოცდა ჩატარდა მხოლოდ პირაპირა შედუღების ნიმუშებზე.

სისაღის გაზომვა მოხდა TK -2 ტიპის როკველის წნეხზე და PIMT -3 ტიპისმიკროსისაღის მზომ მიკროსკოპზე.

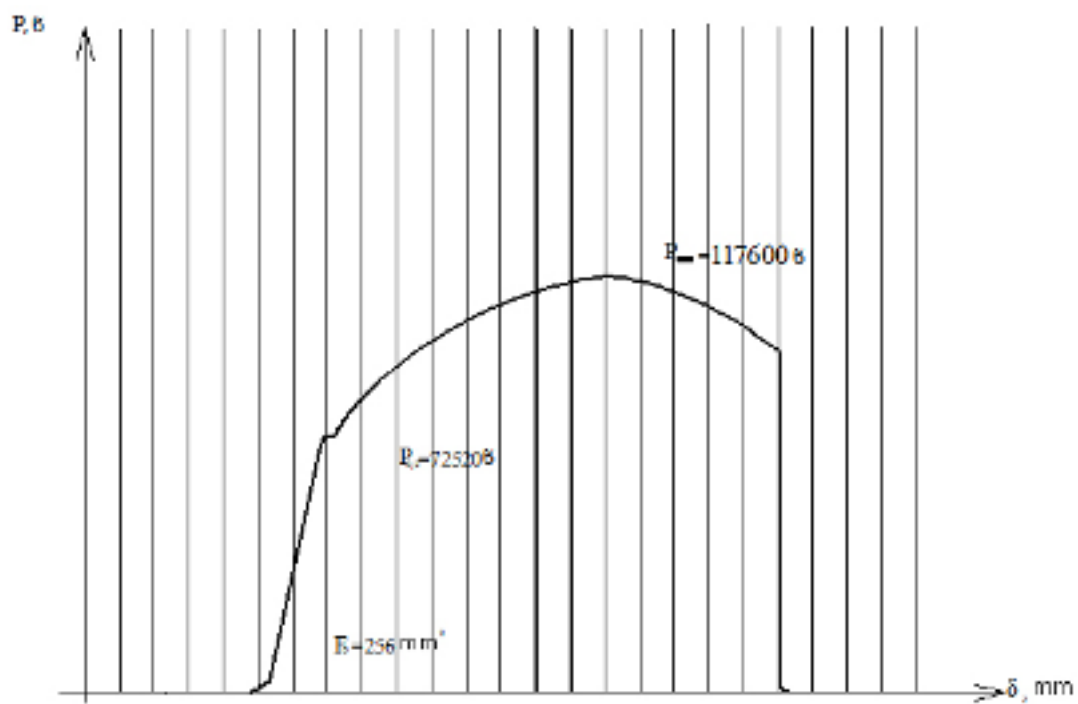
გაჭიმვის დიაგრამის აბცისათა ღერძზე მოცემულია გამჭიმავი მანქანის ტრავერსის გადაადგილება, ხოლო ორდინატათა ღერძზე ძალა რომელიც მოცემულ მომენტში მოდებულია



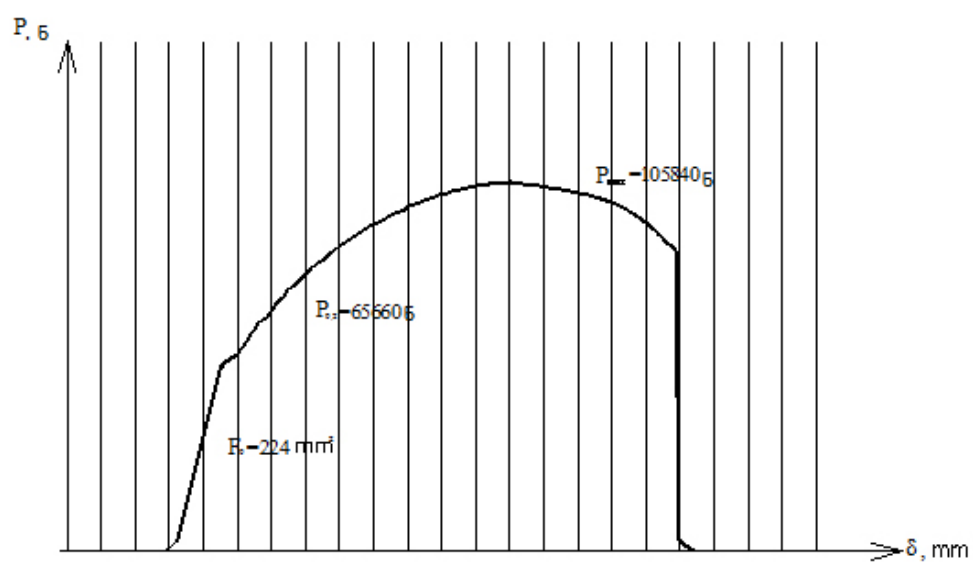
ნახ.10. შენადული ნაკერის გაჭიმვის დიაგრამა: ნიმუში #1.



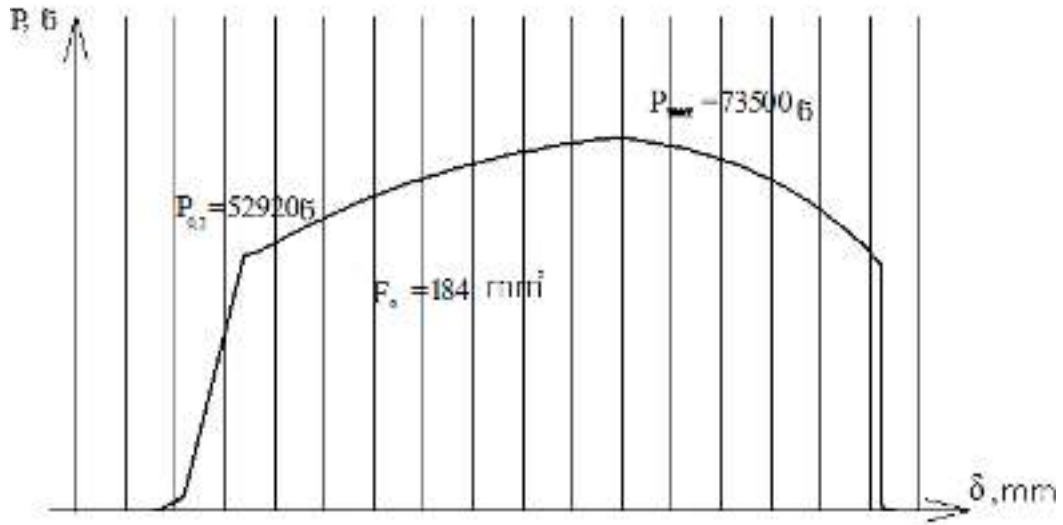
ნახ.11. შენადული ნაკერის გაჭიმვის დიაგრამა: ნიმუში #2



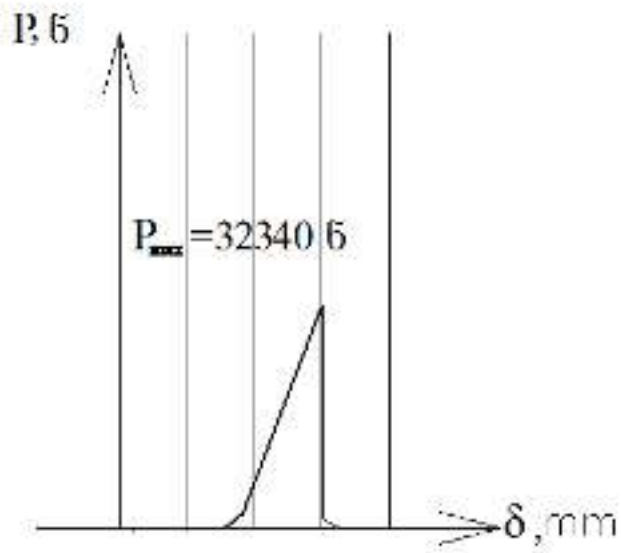
ნახ.12. შენადული ნაკერის გაჭიმვის დიაგრამა: ნიმუში #3.



ნახ.13. შენადული ნაკერის გაჭიმვის დიაგრამა: ნიმუში #4.



ნახ.14. შენადული ნაკერის გაჭიმვის დიაგრამა: ნიმუში #5.



ნახ.15. შენადული ნაკერის გაჭიმვის დიაგრამა: ნიმუში #6.

გაჭიმვის ნიმუშზე. გაჭიმვის დიაგრამიდან ჩანს თუ როგორ იქცევა მასალა მასზე მოდებული ძალის დროს. პირველი დიაგრამიდან ჩანს, რომ შენადური ნაკერი არ არის იმდენად მტკიცე და ნიმუში ინგრევა (იხ. ნახ. 10.). ასეთივე სურათი არის მეორე ნიმუშზე (იხ. ნახ. 11.). მესამე დიაგრამიდან ჩანს, რომ გაჭიმვის დეფორმაციას დებულობს ძირითადი ლითონი, ეს ყველაფერი ჩანს თვით გაჭიმვის ნიმუშზეც (იხ. ნახ.12.). დრეკადობის უბანი იცვლება პლასტიკური დეფორმაციის უბნით. ამდროს ხდება ლითონის დეფორმაციული განმტკიცება $P_{MAX} = 117600$ ნ. დატვირთვის მიღწევისას ნიმუშზე ხდება ყელის გაჩენა . ნიმუშის კვეთი ერთ ადგილას მცირდება და გაჭიმვის დიაგრამაზე ჩანს მადეფორმირებელი ძალის შემცირება. ნიმუშის შენადული ნაკერი იმდენად მტკიცეა, რომ გაჭიმვისას დეფორმაცია მიიღო ძირითადმა ლითონმა. მსგავსი მდგომარეობაა მე-4 ნიმუშზე (იხ. ნახ. 13.). ე.ი. როდესაც შენადული ნაკერის სიმტკიცე საკმაოდ მაღალია ადგილი აქვს ძირითადი ლითონის დეფორმაციას. როდესაც შენადული ნაკერის სიმტკიცე დაბალია მაშინ, მიუხედავად იმისა, რომ შენადულ ნაკერში განიკვეთი უფრო დიდია ვიდრე ძირითად ლითონში , მაინც ადგილი აქვს შენადული ნაკერის დეფორმაციას. შენადული ნაკერი ინგრევა მყიფედ. ნიმუშებში 1,2,6 ადგილიაქვს მყიფე ნგრევებს(იხ. ნახ.10, 11,15 .). აქ ლითონის გაწყვეტა ხდება დრეკადი დეფორმაციების პირობებში ანუ მყიფედ. I,II, და VI დიაგრამებში მხოლოდ დამანგრეველი ძაბვაა: I-110740ნ; II – 105840 ნ; VI – 32340 ნ. III, IV და V ნიმუშებში შესძლებელია გაიზომოს სიმტკიცის ისეთი მახასიათებელი, როგორცაა დენადობის ზღვარი ($\sigma_{დენ}$; $\sigma_{0,2}$). დიაგრამა ამის საშუალებას იძლევა: III – 72520 ნ; IV -65660 ნ; V – 52920 ნ. ასევე შესაძლებელია გაიზომოს ლითონის პლასტიკურობის მაჩვენებელი ფარდობითი წაგრძელება $\delta\%$, მაგრამ მექანიკური თვისებების ეს მახასიათებლები არის ძირითადი ლითონის და არა შენადული ნაკერის.

გაჭიმვის დიაგრამებიდან ჩანს, რომ შენადული ნაკერის გამოცდის ნიმუშის გაწყვეტა მოხდა ძირითადი ლითონის უბანში ე.ი. შენადული ნაკერის სიმტკიცე აღემატება ძირითადი ლითონის სიმტკიცეს.

ნახ.12. -ზე მოცემულია მოცემულია გაჭიმვის დიაგრამა. დიაგრამიდან ნათლად ჩანს, რომ დეფორმაცია განისადა ძირითადმა ლითონმა (ეს ჩანს ზედ ნიმუშზეც).

დიაგრამაზე ნათლად ჩანს დრეკადობისა და პლასტიკურობის უბნები. მექანიკური თვისებების მაჩვენებლები შემდეგია:

- დენადობის ზღვარი 289 ნ/მმ²
 - სიმტკიცის ზღვარი 468 ნ/მმ²
 - ფარდობითი წაგრძელება 31%
- ამრიგად შეიძლება დავასკვნათ, რომ ჩვენს მიერ დამუშავებული ადგილობრივი ნედლეულის ბაზაზე რკალური შედუღების უნივერსალური საელექტროდო დანაფარიანი ელექტროდით მიღებული შენადული ნაკერები არ ჩამოუარდება იგივე კლასის ანალოგიური ელექტროდებით შედუღებულ ნაკერებს.

პროექტის შესრულებასთან დაკავშირებული პრობლემები

- I. შესყიდვების განოფილებას გადაეცა შესასყიდად დანაფარის შემადგენლობაში შემავალი რიგი მასალები როგორცაა: TiO₂, CaF₂, MnO რომელთა შემენაც სამწუხაროდ ვერ მოხერხდა.
- II. შესყიდვების განოფილებას გადაეცა შესასყიდად ელექტროდების დასამზადებელი პრესი რომელთა შემენაც სამწუხაროდ ვერ მოხერხდა.

მიღებული შედეგები:

1. მიღებული იქნა პატენტი ელექტროდების დანაფარებზე P 5989;
2. ახალი დანაფარიანი ელექტროდების გაუმდნარი დანაფარისაგან მილისებური გამონაშვერი დენგამტარია. ელექტროდის გაუმდნარი დანაფარის მილისებური გამონაშვერის შეხებისას ძირითად ლითონთან ადვილად იკვრება წრედი და აღიგზნება რკალი., მეორადი ანთება საიმედოა;
3. შედუღებისას წარმოქმნილი წიდა უზრუნველყოფს ნაკერის ლილვაკის სწორ ფორმირებას და გაცივების დროს ადვილად სცილდება.
4. ამოწვასა და გაშხეფვაზე დანაკარგები შეესაბამება წაყენებულ მოთხოვნებს.
5. ნაკერის ლითონში არ შეიმჩნევა ბზარები, ჩამონაგლეჯები და ზედაპირული ფორები;
6. ადგილობრივი ნედლეულის ბაზაზე რკალური შედუღების უნივერსალური საელექტროდო დანაფარიანი ელექტროდით მიღებული შენადული ნაკერები არ ჩამოუარდება იგივე კლასის ანალოგიური ელექტროდებით შედუღებულ ნაკერებს.

ლიტერატურა

1. Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки сталей и наплавки. Классификация и общие технические условия, ГОСТ 9466-75, МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТЬ,
2. Белов Ю. М. Ранцев А. А. О выборе путей улучшения повторного зажигания дуги // Электродное производство на пороге нового тысячелетия: сб. Матер. Науч. – техн. Семинара; АО „Электрод“. – 2000. – С. 106 – 110.
3. Сидин З.А. Современные типы покрытых электродов и их применение для дуговой сварке сталей. – М.: Машиностроение, 1984. – 60 с.
4. Булат А.В. Оценка качества электродов // Сварочное производство. – 2000. - № 11. – С. 45 – 49.
5. Способ исследования покрытых электродов : пат. Рос. Федерация / И.Ю. Летягин, В.Я. Беленкий, В.М. Язовскихб, В.И. Шумяков. - № 2366549; заявл. 12.11.07; опубл. 10.09.09. бюл. №25. – 5 с.

