

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

გამოყენებითი საგრანტო ნომინაციის პროექტი №023

**ალუმინის დაბალტემპერატურული დანაფარების ინოვაციური
ტექნოლოგია**

დასკვნითი ანგარიში

პროექტის ხელმძღვანელი
და მენეჯერი

თემურ ჩახუნაშვილი

თბილისი
2014

ამოცანა №1 ქმედება 1.

საწყისი მონაცემები

დაბალტემპერატურული ალუმინირების გამსხვილებული მასშტაბის
ელექტროლიზური აბაზანის დასაპროექტებლად

1. აბაზანის დენით დატვირთვა _____ 1-8 ამპერი
2. კათოდური დენის სიმკვრივე _____ 20-50 მა/სმ²
3. ანოდური დენის სიმკვრივე _____ ~20 მა/სმ²
4. კათოდური დანაფარის სისქე _____ 15-30 მკმ
5. მუშა ელექტროლიტის _____ $AlCl_3, BaCl_2, NaCl$
შემადგენლობაში შემავალი კომპონენტები
6. ძაბვა აბაზანაზე _____ 2,2 - 2,5 ვ
7. უწყლო ალუმინის ქლორიდის _____ 2,47 გ/სმ³
სიმკვრივე ოთახის ტემპერატურაზე
8. ნაღობის ელექტროლიზის _____ 100-125⁰C
ჩატარების ტემპერატურა
9. ალუმინით დასაფარი დეტალების _____ 150 მმ X 50 მმ X 50 მმ
მაქსიმალური ზომები
10. ნაღობის ელექტროლიზის _____ ~90 წთ
ერთი ციკლის (ერთი დაფარვის)
მაქსიმალური ხანგრძლივობა
11. ალუმინით დასაფარი _____ ნახშირბადოვანი და
დეტალების მასალა _____ საკონსტრუქციო ფოლადები
12. ერთდროულად დასაფარი _____ 4-8 ცალი
ჭანჭიკების რაოდენობა
13. ანოდის მასალა _____ ტექნიკური სისუფთავის ალუმინი
14. აბაზანის კორპუსის მასალა _____ ალუმინი

15. აბაზანის კორპუსის კედლის სისქე _____ 2-3მმ
16. აბაზანის თბოიზოლაცია _____ მინაბოჭკო, ბაზალტის ქეჩა
17. თბოიზოლაციის სისქე _____ 20-30მმ
18. აბაზანის სახურავის მასალა _____ ალუმინი
19. სახურავის აბაზანის _____ ჭანჭიკებიანი შეერთებით
კორპუსზე დამაგრების ხერხი
20. დასაფარი დეტალების _____ მექანიკური დამუშავება ან
წინასწარი დამუშავების მეთოდი განცხიშვა და მოწამვლა
21. მუშა ელექტროლიტის საჭირო _____ ელექტროენერგიით
ტემპერატურის მიღწევისა და არაპირდაპირი გახურება
ამ ტემპერატურის შენარჩუნების მეთოდი
22. აბაზანაში ტემპერატურის _____ თერმოწყვილის საშუალებით
გაზომვის მეთოდი
23. ალუმინირებული დეტალების _____ გარეცხვა ონკანის წყლით,
დამუშავების მეთოდი გაშრობა ელექტროსაშრობში
ელექტროლიზის შემდეგ
24. აბაზანაში წარმოქმნილი _____ გამწოვი ვენტილაცია
გაზების ევაკუაციის ხერხები

ამოცანა №1. ქმედება 2

აბაზანის კონსტრუქციის დამუშავება და ესკიზური პროექტის შედგენა

დაბალტემპერატურული ალუმინირების აბაზანის კონსტრუქციის დამუშავების დროს ვხელმძღვანელობთ პირველ ქმედებაში მოყვანილი საწყისი მონაცემებით, რომელიც შევადგინეთ ადრე ჩატარებული სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოებისა და ლიტერატურული მონაცემების მიხედვით.

აბაზანის კონსტრუქციის დროს მხედველობაშია მისაღები ის გარემოება, რომ ფოლადის ნაკეთობების დაბალტემპერატურული გაღვანური ალუმინირება არ შეიძლება ჩატარდეს ალუმინის მარილების წყალხსნარების ელექტროლიზით, რადგან ალუმინის ძლიერ უარყოფით ელექტროდული პოტენციალის გამო წყალხსნარებში კათოდზე ალუმინის იონების მაგივრად ხდება წყალბადის განმუხტვა (აღდგენა) აირადი წყალბადის მიღებით. ამიტომ ალუმინის ელექტროლიზით მიღება და შესაბამისად ლითონის ნაკეთობების ელექტროქიმიური ალუმინირება შესაძლებელია ჩატარდეს მხოლოდ ალუმინის შემცველი მარილების, კერძოდ უწყლო ალუმინის ქლორიდის – $AlCl_3$ –ის ნაღვლის ელექტროლიზით.

ალუმინირება შეიძლება ჩატარდეს როგორც უხსნადი ანოდების, მაგალითად, გრაფიტის, ასევე ხსნადი ანოდების, კერძოდ ლითონური ალუმინის ანოდების გამოყენებით. ორივე მეთოდს თავისი დადებითი და უარყოფითი მხარეები აქვს. უხსნადი ანოდების შემთხვევაში ხარჯვად ნივთიერებას ალუმინის დანაფარის მისაღებად წარმოადგენს $AlCl_3$, რომელიც უფრო იაფია, ვიდრე ლითონური ალუმინი. მაგრამ პირველი მეთოდის შემთხვევაში გრაფიტის ანოდზე რაოდენობრივად გამოიყოფა მოლეკულური ქლორი, რომელიც საჭიროებს უტილიზაციას.

ამიტომ უფრო პერსპექტიულად მიგვაჩნია ხსნადი ალუმინის ანოდების გამოყენება, მითუმეტეს თუ ანოდების დასამზადებლად გამოყენებული იქნება მეორადი ალუმინი, რაც გააიაფებს პროცესს.

ხსნადი ანოდების გამოყენების შემთხვევაში ანოდზე მიმდინარეობს ალუმინის ანოდური გახსნა: $Al^0 - 3e \rightarrow Al^{3+}$, ხოლო კათოდზე (ალუმინით დასაფარ დეტალზე) ხდება Al^{3+} იონების აღდგენა ლითონურ ალუმინად: $Al^{3+} + 3e \rightarrow Al^0$. მაგრამ ამ ძირითადი პროცესის

პარალელურად დაბალი დენის გამოსავლით მიმდინარეობს თანაური რეაქცია ალუმინის ქლორიდის ნაღობის დაშლით. კათოდზე გამოიყოფა $AlCl_3$ -ში შემავალი ალუმინი ზემოთმოყვანილი რეაქციის მსგავსად: $Al^{+3}+3e \rightarrow Al^0$, ხოლო ანოდზე გამოიყოფა ექვივალენტური რაოდენობის ქლორი $2Cl^- - 2e \rightarrow Cl_2^0$. ყოველივე ეს, რასაკვირველია, მაქსიმალურად უნდა იყოს გათვალისწინებული აბაზანის კონსტრუირების დროს.

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე ღია ალუმინირების აბაზანა აირადი ქლორის სისტემიდან გამოსაყვანად აღჭურვილი უნდა იყოს ზონტით და საბორტო სავენტილაციო გაწოვით, ან პროცესის ჩასატარებლად გამოყენებული უნდა იყოს შესაბამისი კონსტრუქციის დახურული აბაზანა.

გამსხვილებული მასშტაბის ალუმინირების აბაზანის კონსტრუირების დროს ჩვენ წავედით მეორე გზით, რომელიც საშუალებას იძლევა მიღებული იქნას კონცენტრირებული (ჰაერით განუზავებელი) აირადი ქლორი, რომლის შეგროვება და დაჭირხვნა უფრო ადვილია, ვიდრე ჰაერით განუზავებელი ქლორის უტილიზაცია.

თავის მხრივ დახურული აბაზანის კორპუსი შეიძლება იყოს ცილინდრული ან პარალელეპიპედის ფორმის. ცილინდრული აბაზანის უპირატესობა არის კონსტრუქციის შედარებითი სიმარტივე და კორპუსის შიგნით არსებული ალუმინის ქლორიდის მიერ შექმნილი ჰიდროსტატიკური წნევის ნაკლები გავლენა კორპუსის კონსტრუქციულ სიმარტივეზე. აღნიშნულის გათვალისწინებით ჩვენ უპირატესობა მივეცით ცილინდრული კორპუსის აბაზანას.

ნახ. 1-ზე მოცემულია ალუმინის ცილინდრული აბაზანის ესკიზური ნახაზი.

ამოცანა №1. ქმედება 3

აბაზანის საბოლოო პროექტისა და მუშა ნახაზების შედგენა

აბაზანის დასაპროექტებლად გამოცემული საწყისი მონაცემების საფუძველზე ჩატარდა შესაბამისი გათვლები. ესკიზური პროექტის გამოყენებით დავამუშავეთ აბაზანის საბოლოო პროექტი და შევადგინეთ ძირითადი დეტალების მუშა ნახაზები.

აბაზანის კორპუსი წარმოადგენს ალუმინისაგან დამზადებულ ცილინდრულ ჭურჭელს ალუმინისავე ბორტით (მილტუხით). კორპუსის გარე დიამეტრია 250მმ, მისი კედლის სისქე 2მმ, სიმაღლე 250მმ, მთლიანი მოცულობა. კორპუსს შიდა მხრიდან ფსკერიდან 190მმ-ის სიმაღლეზე მიდუღებული აქვს ოთხი პატარა ბაქანი ზომით 30მმX20მმ ტეფლონისაგან დამზადებული კათოდების (ალუმინით დასაფარავი დეტალების) დამჭერი ფიქსატორის დასაყრდნობად.

აბაზანის სახურავი წარმოადგენს 3მმ სისქის ალუმინის კვადრატულ ფირფიტას გვერდის სიგრძით 350მმ. სახურავს აქვს 10მმ დიამეტრის 16 ნახვრეტი მისი კორპუსზე მისაჭერად ხრახნკუთხვლიანი შეერთებით. გარდა ამისა, სახურავს აქვს ალუმინის მილისაგან დამზადებული ვერტიკალური ბუდე თერმოწყვილისათვის (ბუდის სიგრძე 200მმ, გარე დიამეტრი 12მმ) და პატარა მილი აბაზანაში წარმოქმნილი აირნარევის ევაკუაციისათვის (მილის სიგრძე 30მმ, გარე დიამეტრი 12მმ).

ანოდს აქვს ცილინდრული სპირალის ფორმა და დამზადებულია მართკუთხედის ფორმის კვეთის მქონე ალუმინის მავთულისაგან. სპირალის მავთულის კვეთის ფართი არის 40კვ.მმ, სიგრძე და სიგანე შესაბამისად – 5მმ და 8მმ. ხვიების რაოდენობა 16, თითოეულისათვის შიგა დიამეტრია 175მმ. ალუმინის სპირალის ზედა ხვიის ბოლო გაბრტყელებულია და გამოიყენება ანოდის დენმიმყვანად.

კათოდი წარმოადგენს ალუმინის მავთულზე ჩამოკიდებულ ალუმინით დასაფარ დეტალებს (მაგალითად, ჭანჭიკს, ქანჩს, შაიბას და სხვა), რამდენიმე კათოდი მექანიკურად და შესაბამისად ელექტრულადაც, გაერთიანებულია სპილენძის მავთულით, რომელიც იმავდროულად წარმოადგენს კათოდის დენმიმყვანს.

კათოდის ფიქსატორი წარმოადგენს ტეფლონის ფირფიტისაგან (სისქე 4მმ) დამზადებულ წრეს დიამეტრით 240მმ.

აბაზანის სახურავი არის კვადრატული ფორმის, რომლის გვერდის სიგრძეა 350მმ და დამზადებულია 3მმ სისქის ალუმინის ფირფიტისაგან. სახურავს აქვს მისი ცენტრის მიმართ 150მმ რადიუსის წრეზე სიმეტრიულად განლაგებული 16 ნახვრეტი დიამეტრით 10მმ, რომლებიც გამოიყენება აბაზანის კორპუსზე სახურავის მისაჭერად ხრახნკუთხვილიანი შეერთებით.

კორპუსის მილტუნს და სახურავს შორის მოთავსებულია რბილი რეზინისაგან (სისქე 5მმ) დამზადებული ორი შუასადები, რომელთა შორის განლაგებულია ანოდისა და კათოდის დენმიმყვანები. ზემოაღნიშნული დეტალების ჭანჭიკებითა და ქანჩებით მიჭერა უზრუნველყოფს აბაზანის საიმედო ჰერმეტიულობას ალუმინირების პროცესის დროს წარმოქმნილი აირების გაუონვის თავიდან აცილებას.

სპირალური ანოდის და აბაზანის კორპუსის ერთმანეთისაგან ელექტრული იზოლირებისათვის გამოყენებული იყო კერამიკისაგან დამზადებული ფილა დიამეტრით 250მმ და სისქით 20მმ.

ამოცანა №1. ქმედება 4

აბაზანის დეტალების დამზადება

(კორპუსი, ელექტროდები, დენმიმყვანები, სახურავი)

აბაზანის კორპუსის დასამზადებლად გამოყენებული იყო ლითონური ალუმინისაგან დამზადებული ცილინდრული ჭურჭელი, რომელიც ზუსტად შეესაბამებოდა მსხვილლაბორატორიული აბაზანის გაანგარიშებულ ზომებსა და მოცულობას.

აბაზანის კორპუსის ბორტი (მილტუნი) დამზადდა ალუმინის 3მმ სისქის ფურცლისაგან გილიოტინის და სარანდავი და სახვრეტი ჩარხების გამოყენებით.

მილტუნის მიღება აბაზანის კორპუსზე ჩატარდა ელექტროშედულებით არგონის ატმოსფეროში ალუმინის ელექტროდის გამოყენებით.

აბაზანის სახურავი დამზადდა ალუმინის ფურცლისაგან სისქით 3მმ გილიოტინის გამოყენებით. სახურავს საბურღი ჩარხის გამოყენებით გაუკეთდა ნახაზით გათვალისწინებული 16 ნახვრეტი დიამეტრით 10მმ.

სპირალური ფორმის ანოდი (ცილინდრული სპირალის შიდა დიამეტრით 175მმ) დამზადდა 40კვ.მმ კვეთის მქონე ალუმინის მართკუთხა ფორმის მავთულისაგან, რომელსაც ჩაუტარდა შესაბამისი თერმული დამუშავება ზედაპირის აღსადგენად.

კათოდი, რომელსაც წარმოადგენდა ალუმინით დასაფარავი ნახშირბადოვანი ფოლადისაგან დამზადებული ნაკეთობები (ჭანჭიკები, ქანჩები, შუასადებები, შაიბები და სხვა) 2მმ დიამეტრის სპილენძის მავთულის დახმარებით ჩამოიკიდებოდა ასევე სპილენძისაგან დამზადებული დენმიმყვანზე. დენმიმყვანის კორიზონტალურ მდგომარეობაში დასაფიქსირებლად ტეფლონის ფირფიტისაგან რკინის მაკრატლით გამოიჭრა 240მმ დიამეტრის წრე (კათოდის ფიქსატორი), რომელიც თავის მხრივ ეყრდნობოდა აბაზანის კორპუსის შიგა ზედაპირზე მიდუღებულ მცირე ზომის ალუმინის 4 ბაქანს.

აბაზანის სახურავზე არგონის ატმოსფეროში მიდუღდა ალუმინის მილისაგან დამზადებული ბუდე თერმოწყვილისათვის და ალუმინისათვის აირგამომყვანი მილი.

ფოლგირებული მინაბოჭკოსაგან (სისქე 50მმ) მაკრატლით გამოიჭრა შესაბამისი ზომის თბოიზოლაციის ფენა აბაზანის კორპუსისათვის.

ამოცანა №1. ქმედება 5

ცვლადი დენის გამმართველის აწყობა

ელექტროლიზური აბაზანის ელექტროენერგიით კვებისათვის გამოვიყენეთ ნახევარგამტარული დიოდებისაგან ქარხნული წესით დამზადებული ელექტრული გამმართველი. ელექტრულ სქემაში ჩართვის წინ გამმართველსა და მის ძირითად კვანძებს (ტრანსფორმატორი, დიოდები, ელექტრული ფილტრი, მუდმივი დენის ამპერმეტრი და ვოლტმეტრი, შემაერთებელი სადენები, კონტაქტები) ჩაუტარდა რევიზია. გაიწმინდა მტვრისაგან და ჟანგის ფენისაგან, შემდეგ ჩაირთო ძალოვან ქსელში და გამოიცადა ფუჭი სვლის რეჟიმში რეოსტატის გამოყენებით.

ამოცანა №1. ქმედება 6

ელექტროლიზური აბაზანის აწყობა და მისი წინასწარი გამოცდა

დაბალტემპერატურული გალვანური ალუმინირების კვანძი ავაწყვეთ შემდეგი ხელსაწყოებისაგან: ელექტრული ღუმელი საელექტროლიზე ნაღობის გასაცხელებლად და ელექტროლიზის პროცესში თბური დანაკარგების შესავსებად, თერმოწყვილი მეორადი ხელსაწყოთი ნაღობის ტემპერატურის რეგისტრაციისა და ვიზუალური დაკვირვებისათვის, ავტომატური რეგულატორი ნაღობის ტემპერატურის ავტომატური რეგულირებისათვის, ელექტროლიზური აბაზანა ალუმინირების პროცესის ჩასატარებლად.

ალუმინირების კვანძი და მისი ძირითადი მოწყობილობა – ელექტროლიზური აბაზანა ავაწყვეთ შემდეგნაირად: არაწვადი მასალისაგან დამზადებულ სადგარზე შემოვდგით ნიქრომის სპირალის ბაზაზე დამზადებული ელექტრული ღუმელი, რომელიც წინასწარ გამოიცადა გამახურებლის ვარგისიანობაზე; შემდეგ ელექტროღუმელის გამახურებელ ფილებზე მოვათავსეთ მინაბამბის თბოიზოლაციის მქონე ელექტროლიზური აბაზანის კორპუსი, ამის შემდეგ მასში ფსკერზე დავდგით წრიული კერამიკული ფილა აბაზანის კორპუსის ანოდისაგან ელექტრულად იზოლირებისათვის. შემდეგ ტეფლონის წრიული ფიქსატორი დავაკომპლექტეთ ალუმინის ანოდისა და სპილენძის მავთულებზე ჩამოკიდებული ალუმინით დასაფარავი დეტალებისაგან (ამ შემთხვევაში ნახშირბადოვანი ფოლადის ჭანჭიკებისაგან) და ეს კონსტრუქცია ჩავდგით აბაზანის კორპუსში წრიულ კერსმიკულ ფილაზე დაყრდნობით. შევაკეთოთ აბაზანა მისი მოცულობის 2/3-ზე ონკანის წყლით. აბაზანის შიგა სივრცის საიმედო ჰერმეტიკაციისათვის აბაზანის კორპუსის მილტუნზე მოვათავსეთ რბილი რეზინის შუასადები, კორპუსს დავადგით ალუმინის სახურავი და დაუჭირეთ 16 ცალი M8 ზომის ჭანჭიკითა და ქანჩით. სახურავზე გაკეთებულ მილისებურ ჯიბეში ჩავასხით ტექნიკური ზეთი და ჩავდგით თერმოწყვილი, რომლის თავისუფალი ბოლოები მივუერთეთ მეორად მარეგისტრირებელ ხელსაწყოს. ნიქრომის სპირალის წრედში ჩავრთეთ ტემპერატურის ავტომატური რეგულატორი, რომლის დავალების მიმცემი დავაყენეთ 100°C ტემპერატურაზე და ელექტრულ ღუმელს მივაწოდეთ ძაბვა (220ვ). წყლის გაცხელების პროცესში ვაკვირდებოდით ელექტროლიზური აბაზანის დეტალების მდგომარეობას და მათ მუშაობას. აბაზანაში ჩასხმული წყლის გაცხელება მოცემულ ტემპერატურამდე გრძელდებოდა დაახლოებით საათნახევრის

განმავლობაში. წყლის გაცხელების პროცესში აბაზანის სახურავის პირგამომყვანი მილიდან დაიწყო გამოსვლა წყლის ორთქლმა, რომელიც ამ შემთხვევაში წარმოადგენდა ელექტროლიზის პროცესში წარმოქმნილი აირების იმიტაციას. წყლის ტემპერატურის შენარჩუნება 100°C ტემპერატურაზე ავტომატური რეგულატორის დახმარებით გრძელდებოდა 3 საათის განმავლობაში. ტემპერატურის შენარჩუნების სიზუსტე შეადგენდა $\pm 3^{\circ}\text{C}$, რაც სრულიად საკმარისია ელექტროლიზის პროცესის ნორმალურად ჩატარებისთვის. შედეგების ადგილებიდან, აგრეთვე მილტუჩების მიჭერის ადგილებიდან წყლის ორთქლის გამოსვლა არ შეინიშნება, რაც მიუთითებდა აბაზანის ჰერმეტიკაციის დამაკმაყოფილებელ მდგომარეობაზე.

ზემოთ აღნიშნულის საფუძველზე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ალუმინირების აბაზანის წინასწარმა გამოცდამ ფუჭი სვლის რეჟიმში წყლის გაცხელებაზე წარმატებით ჩაიარა, რითაც მიღწეული იქნა ამოცანა №1-ით დასახული მიზანი.

ამოცანა №2. ქმედება 1

ტექნოლოგიური პარამეტრების დაზუსტების ცდების დაგეგმვა

ტექნოლოგიური პარამეტრების დაზუსტების ცდების ჩატარებისათვის საჭიროა შემდეგი წინასწარი სამუშაოების ჩატარება: 1. ელექტროლიტის მომზადება ელექტროლიზის პროცესის ჩასატარებლად იმ თავისებურებების გათვალისწინებით, რომლებიც ღღობილთა ელექტროლიზს ახასიათებს წყალხსნართა ელექტროლიზთან შედარებით; 2. ალუმინით დასაფარი ნაკეთობებისა და დეტალების მომზადება ელექტროლიზის ჩასატარებლად, რაც გულისხმობს მათ მექანიკურ ან ქიმიურ დამუშავებას, ან კიდევ ორივე ოპერაციის ერთიმეორის თანმიმდევრობით ჩატარებას; 3. ელექტროლიზური აბაზანისა და მისი შიგთავსის – მუშა ელექტროლიტის (უწყლო ალუმინის ქლორიდი ბარიუმისა და ნატრიუმის ქლორიდის დანამატების თანაობისას) მიყვანა საჭირო ტემპერატურამდე და ამ ტემპერატურის შენარჩუნება შესაბამისი სიზუსტით, აგრეთვე – ელექტრული გამმართველის მომზადებას ელექტროლიზის პროცესის ჩასატარებლად (დამიწებისა და ელექტრული კონტაქტების შემოწმება,

გამმართველის გამოცდა ფუჭი სვლის რეჟიმში); 4. საკუთრივ ალუმინირების პროცესის დაზუსტების პროცესის ჩატარება წინასწარ შემუშავებული დაბალტემპერატურული გაღვანური ალუმინირების ტექნოლოგიური რეჟიმის მიხედვით, რომელიც გულისხმობს შემდეგი ტექნოლოგიური პარამეტრებისა და პროცესის მახასიათებლების შემოწმებასა და დაზუსტებას გამსხვილებული მაშტაბის დანადგარზე, როგორცაა კათოდური და ანოდური დენის სიმკვრივე, ძაბვა აბაზანაზე, საჭირო ტემპერატურის მიღწევა და მისი შენარჩუნება შესაბამისი სიზუსტით, აბაზანის ჰერმეტიკულობის ხარისხი პროცესის დროს, ალუმინით დასაფარავი დეტალების წინასწარი და ოპერაციის შემდგომი დამუშავების ტექნოლოგიურობა და ხარისხი.

ამოცანა №2. ქმედება 2

ელექტროლიტის მომზადება (გაუწყლოება, გაშრობა)

ნაღობთა ელექტროლიზის ნორმალურად ჩატარებისათვის დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ალუმინის ქლორიდის გამოყენებას გაუწყლოებული სახით და მისი ამ სახით შენარჩუნებას ელექტროლიზის მთელი პროცესის განმავლობაში.

ელექტროლიზის პროცესის ჩასატარებლად გამოყენებული იყო უწყლო ტექნიკური ალუმინის ქლორიდი რეაქტორული კვალიფიკაციის დანამატებით – ბარიუმის ქლორიდი და ნატრიუმის ქლორიდი.

როგორც ცნობილია, ალუმინის ქლორიდი ძლიერ ჰიდროსკოპიული ნივთიერებაა. ამიტომ მაქსიმალური ყურადღება უნდა მიექცეს მასში ტენის შემცველობას და მინიმუმამდე უნდა იყოს დაყვანილი ამ ნივთიერების ატმოსფერულ ჰაერთან შეხების დრო.

მცირე რაოდენობით ტენის შემცველობის შემთხვევაში (0,5%-ზე ნაკლები) გაღვანური ალუმინირების პროცესის დაწყების წინ ტარდება ფორელექტროლიზი, რომლის დროს წყლის დაშლით წარმოქმნილი მცირე რაოდენობით წარმოქმნილი წყალბადი და ჟანგბადი გაიწოვება გამწოვი ვენტილაციის დახმარებით.

ამოცანა №2. ქმედება 3

ნიმუშების მომზადება ელექტროლიზის ჩასატარებლად
(მექანიკური და ქიმიური დამუშავება)

ნიმუშების გალვანური ალუმინირების პროცესის ჩატარების წინ სრულდებოდა შემდეგი სტანდარტული ოპერაციები: 1. დეტალების ქიმიური დამუშავება (გაუცხიმოვნება და ამოჭმა); 2. მექანიკური დამუშავება (ზუმფარის გამოყენება, სილაჭავლური და მბრუნავი სახეხი რგოლით დამუშავება).

გაუცხიმოვნებისათვის გამოიყენებოდა 10% -იანი ტუტის ხსნარი, ხოლო ამოჭმისათვის 5-8% -იანი გოგირდმჟავის ხსნარი. თითოეული ამ ოპერაციის დამთავრების შემდეგ ალუმინით დასაფარავი დეტალები ირეცხებოდა ონკანის წყლით და შრებოდა საშრობ კარადაში. უშუალოდ დაფარვის წინ დეტალებს უტარდებოდა მექანიკური დამუშავება.

ამოცანა №2. ქმედება 4

აბაზანის გახურების სისტემისა და ელექტრული გამმართველის მომზადება

ტექნოლოგიური პროცესის ლაბორატორიულ პირობებში დამუშავების დროს ელექტროლიზური აბაზანა იდგმებოდა შახტურ ღუმელში და ხურდებოდა საჭირო ტემპერატურამდე. გამსხვილებული მასშტაბის ცდების ჩასატარებლად გამოიყენებოდა უფრო დიდი ზომის აბაზანა, რომლის შახტურ ღუმელში მოთავსება მუშა ელექტროლიტის გასაცხელებლად შეუძლებელი იყო. ამიტომ გაცხელებისათვის გამოვიყენეთ ღია ელექტრული ღუმელი (ელექტროქურა) ნიქრომის სპირალური გამახურებლის ბაზაზე. ელექტროქურის სიმძლავრე შეადგენდა 5 კვტ-ს. ტემპერატურის რეგულირებისათვის გამოიყენებოდა ავტომატური რეგულატორი მექანიკური კონტაქტებით, რომლის ტემპერატურის რეგულირების სიზუსტე შეადგენდა $\pm 3^{\circ}\text{C}$ -ს.

ელექტრული გამმართველი, რომელსაც ტექნოლოგიური მოწყობილობის მომზადების დროს ჩაუტარდა რევიზია და გამოიცადა ფუჭი სვლის რეჟიმში (ამოცანა №1, ქმედება 5), უშუალოდ ალუმინირების პროცესის ჩატარების წინ კვლავ შემოწმდა ელექტრული მახასიათებლების მოთხოვნებისადმი შესაბამისობაზე და შემდეგ ელექტრული სადენების გამოყენებით ჩაირთო ელექტრული აბაზანის წრედში პოლარობის დაცვით.

ამოცანა №2. ქმედება 5

დაბალტემპერატურული ალუმინირების ტექნოლოგიური პარამეტრების დაზუსტების ცდების ჩატარება

გამსხვილებული მასშტაბის დაბალტემპერატურული გაღვანური ალუმინირების ტექნოლოგიური პარამეტრების დაზუსტების ცდები ტარდებოდა შემდეგი მეთოდის მიხედვით.

პროცესის ჩასატარებლად გამსხვილებული მასშტაბის აბაზანა შემოიდგმებოდა ელექტროლუმელზე. აბაზანას აეხდებოდა სახურავი და აბაზანიდან ამოიდგმებოდა ტეფლონის ფიქსატორი მასზე მიმაგრებული ანოდი და კათოდი. ჩაირთვებოდა გამწოვი ვენტილაცია. შემდეგ აბაზანაში იყრებოდა ზუსტად აწონილი პროცესის ჩასატარებლად საჭირო კომპონენტები ასეთი თანმიმდევრობით: ბარიუმის ქლორიდი, ნატრიუმის ქლორიდი, ალუმინის ქლორიდი. აბაზანას მჭიდროდ ეხურებოდა თავსახური. ჩაირთვებოდა ელექტროქურა და იწყებოდა აბაზანის გახურება. 180°C ტემპერატურის მიღწევისას მარილთა ნარევის ძირითადი კომპონენტი – ალუმინის ქლორიდი ღღვებოდა და ხდებოდა ნაღღობის უფრო ინტესიური შერევა და ჰომოგენიზაცია. ნაღღობის გახურება გრძელდებოდა 190-200°C ტემპერატურამდე ჰომოგენიზაციის პროცესის ბოლომდე მიყვანისათვის აღნიშნულ ტემპერატურას ვიჭერდით დაახლოებით ნახევარი საათის განმავლობაში. ამის შემდეგ წყდებოდა ძაბვის მიწოდება ელექტრულ ღუმელზე და აბაზანა თავისი შიგთავსით იწყებდა გაცივებას. გაცივების პროცესი გრძელდებოდა ტემპერატურის 120-125°C-მდე ჩამოსვლამდე. ამ დროს

ჩაირთვებოდა ავტომატური რეგულატორი აღნიშნული ტემპერატურის მუდმივად შენარჩუნებისათვის. ამით მარილთა ნალღობის ელექტროლიზის ჩასატარებლად მომზადების პროცესი მთავრდებოდა.

ამის შემდეგ იწყებოდა აბაზანის ანოდითა და კათოდით დაკომპლექტების პროცესი. კრონშტეინზე შემოდგმული ტეფლონის ფიქსატორის კათოდზე ჩამოიკიდებოდა ალუმინით დასაფარი დეტალები, კერძოდ, ნახშირბადოვანი ფოლადის წინასწარ დამუშავებული – ქიმიურად და მექანიკურად გაწმენდილი ჭანჭიკები, აბაზანას აეხდებოდა სახურავი და ტეფლონის ფიქსატორი მასზე დამაგრებული ანოდითა და კათოდით სწრაფად ჩაიდგმებოდა აბაზანაში. ამ უკანასკნელს დაეხურებოდა სახურავი კორპუსის მილტუნსა და სახურავს შორის შუასადების მოთავსებით და აბაზანას ჩაუტარდებოდა ჰერმეტიზაცია სახურავის მჭიდროდ მიჭერთ კორპუსთან სახურავსა და კორპუსის მილტუნში გაყრილი 16 ცალი M8 ჭანჭიკითა და ქანჩით.

ტემპერატურის 120-125°C-ის ფარგლებში დარეგულირების შემდეგ იწყებოდა ელექტროლიზი გამმართველის საშუალებით აბაზანაზე მუდმივი დენის მიწოდებით.

სამუშაო ჟურნალში ფიქსირდებოდა ელექტროლიზის ყველა საჭირო პარამეტრი: ტემპერატურა, დენის ძალა, ძაბვა ანოდსა და კათოდს შორის, ელექტროლიზის ხანგრძლივობა, აგრეთვე – თვით ელექტროლიზის მსვლელობის ხასიათი: აბაზანის ჰერმეტიზაციის მდგომარეობა, გამწოვი ვენტილაციის შეუფერხებელი მუშაობა, პროცესის მსვლელობის დროს აბაზანის აირგამომყვანი მილიდან გამომავალი აირების გაწოვის სისრულე ვენტილაციის სისტემის მეშვეობით (მოწმდებოდა სუნის შეგრძნებით).

სულ ჩატარდა დაბალტემპერატურული გალვანური ალუმინირების სამი ცდა. ამ ცდების შედეგები მოყვანილია ცხრილში.

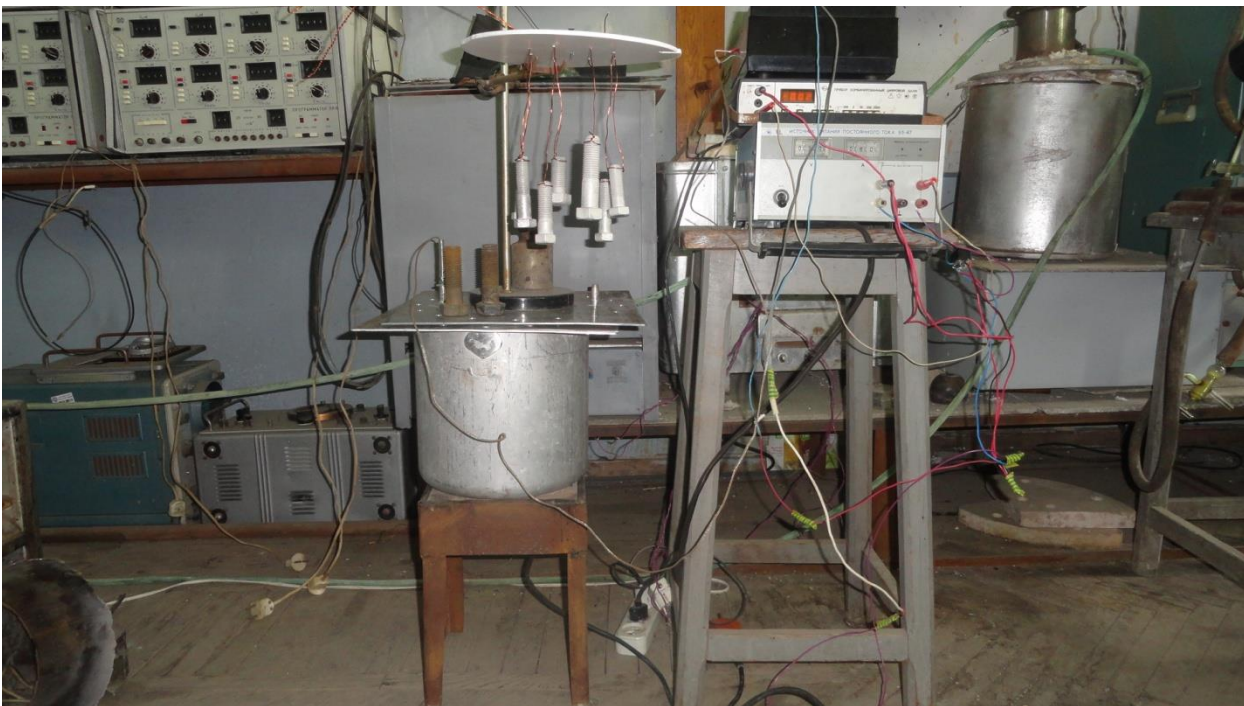
N	ერთი ჭანჭიკის გეომეტრიული ფართობი, სმ ²	ჭანჭიკის რაოდენობა, ცალი	კათოდური დენის სიმკვრივე, ამპ/სმ ²	ნალღობის ტემპერატურა, °C	ჯამური დენის ძალა, ამპერი	ძაბვა აბაზანაზე, ვოლტი	ელექტროლიზის ხანგრძლივობა, წთ.
1	18,7	6	30	120	3,4	2,3	40
2	15,6	4	20	120	1,26	2,1	60
3	8,2	5	50	120	2,05	2,5	30

ელექტროლიზის პროცესი ხასიათდებოდა დენის ძალისა და ძაბვის სტაბილურობით, ტემპერატურის ცვლილების საკმაოდ მცირე დიაპაზონით, დაფარვის ხანგრძლივობა იცვლებოდა 30-60წთ-ის ფარგლებში. აირების გამოყოფას სამუშაო ოთახში ადგილი არ ჰქონდა.

ელექტროლიზის დამთავრების შემდეგ ტეფლონის ფიქსატორი ანოდითა და კათოდით ამოიტვირთებოდა აბაზანიდან და ცივდებოდა მცირე ხნით ცივ წყალში ჩაყოფით. შემდეგ თითოეული დეტალი იხსნებოდა კათოდიდან, ირეცხებოდა ონკანის წყლით და შრებოდა საშრობ კარადაში.

დანაფარები ვიზუალურად კარგი გამოიყურებოდა: იყო გლუვი, ატკეჩის გარეშე, ღია ფერის.

დასკვნის სახით აღვნიშნავთ, რომ გამსხვილებულ მასშტაბში ჩატარებული ცდების შედეგები სრულად შეესაბამებოდა ლაბორატორიულ ცდებში მიღებულ შედეგებს.





შემსრულებლები:

1. მთავარი სპეციალისტი – ნოდარ გასვიანი
2. მთავარი სპეციალისტი – რაულ კოკილაშვილი
3. მექანიკოსი – მამუკა ოჩიგავა

შესავალი

ლითონთა კოროზია მსოფლიო მნიშვნელობის პრობლემაა. კოროზიისაგან მიყენებული ზარალი კოლოსალურია და ყოველწლიურად ასეულ მილიარდობით დოლარს შეადგენს.

ლითონთა, პირველ რიგში ფოლადის ნაკეთობებისა და კონსტრუქციების კოროზიისაგან დაცვა ხორციელდება ძირითადად თუთიის, კალის და ქრომის დანაფარებით, მაგრამ ამ ლითონთა მარაგები მსოფლიოში ძალიან შემცირებულია. მათ ალტერნატივას წარმოადგენს ალუმინის დანაფარები (ამ ლითონის მარაგი კი პრაქტიკულად უღვევია). ამასთან ერთად, ლითონთა ალუმინის დანაფარებს მთელი რიგი დადებითი თვისებები ახასიათებს: მხურვალმედვეობა, კოროზიული მდგრადობა მაღალ ტემპერატურაზე, ექსპლუატაციის ხანგრძლივი ვადა.

ლითონთა გაღვანური ალუმინირება შესაძლებელია გამდვალი მარილების ელექტროლიზით $700-770^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურაზე, რაც მნიშვნელოვან ენერგოდანახარჯებთან არის დაკავშირებული და ტექნიკურადაც ძნელი განსახორციელებელია.

ჩვენს მიერ შემოთავაზებულ ჰალოგენიდურ ნაღობში ლითონთა გაღვანური ალუმინირება შესაძლებელია ლღობილთათვის უჩვეულოდ დაბალ ტემპერატურაზე ($\sim 100^{\circ}\text{C}$). ამ მეთოდით შესაძლებელია ალუმინირება ჩაუტარდეს რთული პროფილის ლითონის ნაკეთობებს, კერძოდ ხრახნული პროფილის ლითონთა ნაწილების დამაკავშირებელ ქანებსა და ჭანჭიკებს, რომელთა ხანმეგეობაზე დიდად არის დამოკიდებული ლითონთა კონსტრუქციების, მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემი ანძების და მრავალი სხვა მოწყობილობის მდგრადობა.

ჰალოგენიდური ნაღობის ძირითადი კომპონენტი არის უწყლო ალუმინის ქლორიდი AlCl_3 . ალუმინირების პროცესის $\sim 100^{\circ}\text{C}$ -ზე ჩატარებისას საჭირო არ არის ძვირადღირებული ცეცხლგამძლე მასალების გამოყენება და რაც მთავარია, მნიშვნელოვნად ნაკლებია ენერგოდანახარჯები. გარდა ამისა, ასეთ ტემპერატურაზე მკვეთრად მცირდება ალუმინის ქლორიდის აქლორადობა, რაც შრომის პირობების გაუმჯობესისა და ეკოლოგიური უსაფრთხოების თვალსაზრისით მეტად მნიშვნელოვანია.

პროექტის ფარგლებში დამზადდა, გამოიცადა და ექსპლუატაციაში იმყოფებოდა გამსხვილებული მასშტაბის დაბალტემპერატურული გაღვანური ალუმინირების აბაზანა, რომელშიც ალუმინირება ჩაუტარდა რამდენიმე პრაქტიკაში ფართოდ გამოყენებულ ფოლადის დეტალებს (ჭანჭიკები, ქანები, ფირფიტები). ამ ნაკეთობების კოროზიულმა გამოცდამ შესაბამის გარემოში და მეტალოგრაფიულმა და რედგენოგრაფიულმა ანალიზმა აჩვენა მათი მაღალი კოროზიული მდგრადობა და სხვადასხვა სახის ლითონკონსტრუქციებში გამოყენების შესაძლებლობა.

ამოცანა №3

ენერგეტიკასა და სამშენებლო ინდუსტრიაში გამოყენებული ლითონური
ნაკეთობების
ალუმინირების პროცესის ჩატარება გამსხვილებულ დანადგარზე.

ქმედება 3.1.

დაბალტემპერატურული ალუმინირების ოპტიმალური ტექნოლოგიური
რეჟიმის შემუშავება

დაბალტემპერატურული გაღვანური ალუმინირების ოპტიმალური ტექნოლოგიური რეჟიმის ძირითადი განმსაზღვრელი პარამეტრებია: ნაღობის ტემპერატურა, კათოდური დენის სიმკვრივე, ელექტროლიზის ხანგრძლივობა.

ექსპერიმენტი ტარდებოდა კორუნდის, ფაიფურის ან მინის ჭურჭელში, რომელებიც იყო დახურული ფტოროპლასტით ეკრანირებული რეზინის საცობით. საცობში მაგრდებოდა ელექტროდებთან დამაკავშირებელი მოლიბდენის დენმიმყვანები და თერმომეტრი. კათოდებად გამოყენებული იყო დაბალხარისხიანი ფოლადები – ძირითადად ფოლად 3-ის ფირფიტები. ნოდებად ალუმინის ფირფიტები, წინასწარ მომზადებული ნაღობი თავსდებოდა კორუნდის ტიგელში.

ელექტროლიზის ოპტიმალური პირობების დადგენის მიზნით იცვლებოდა პროცესის პარამეტრები. ექსპერიმენტმა აჩვენა, რომ დამაკმაყოფილებელი დანაფარები მიიღება შემდეგი პირობების დაცვით: ტემპერატურა $(100-110)^{\circ}\text{C}$; ელექტროლიზის ხანგრძლივობა $(25-45)$ წთ; კათოდური დენის სიმკვრივე $(0.03-0,1)\text{ა/სმ}^2$ ზღვრებში. ამ პირობებში მიიღება ნათელი, მოვერცხლისფრო, სარჩულთან კარგი ადგეზიის მქონე დანაფარები, რომელთა სისქე $(20-30)\text{მკმ-ია}$. აღნიშნულთან შედარებით უფრო დაბალ დენის სიმკვრივეებზე მიიღება სარჩულთან ცუდად შეჭიდული დანაფარები, ხოლო უფრო მაღალ დენის სიმკვრივეზე მიიღება მუქი დანაფარები, არაერთგვაროვანი ზედაპირით, ფორიანი, მყიფე,

რომლებიც ადვილად იქერცლება სარჩელისაგან. მაღალი დენის სიმკვრივებზე მცირე დროით (10-15წთ) ელექტროლიზის დროსაც კი, დანაფარების ზედაპირზე შეიმჩნევა დენდრიტ წარმოქმნები. ამ დროს დენით გამოსავალი ეცემა ნახ.1(ა). დენით გამოსავალი ეცემა, აგრეთვე, ხანგრძლივი ელექტროლიზის დროსაც ნახ.1(ბ).

ცხრილებში 1 და 2 ნაჩვენებია ელექტროლიზის ხანგრძლივობის და დენის სიმკვრივის გავლენა დანაფარის ხარისხზე.

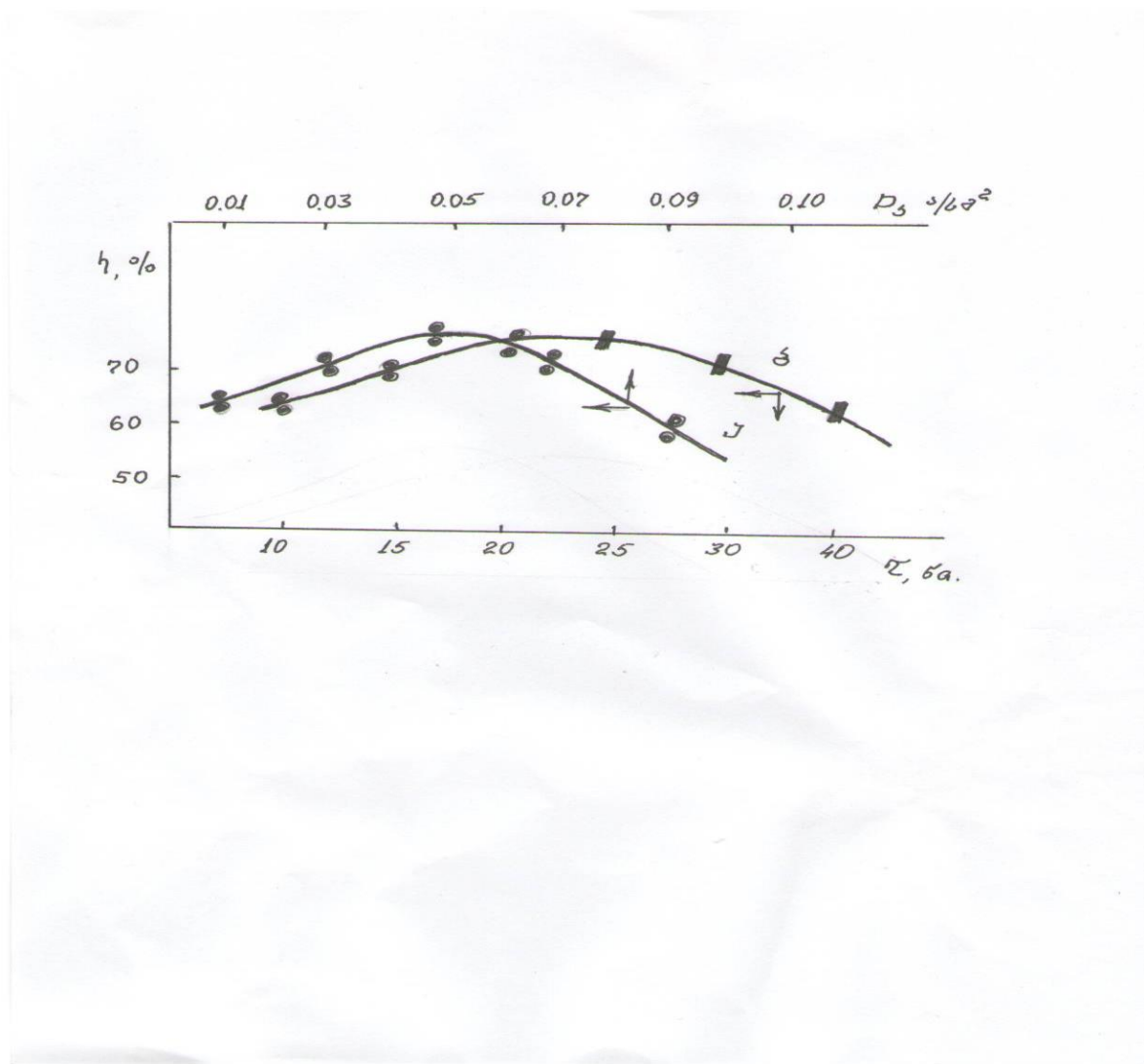
ცხრილი 1

ელექტროლიზის ხანგრძლივობის გავლენა დანაფარის სისქეზე და ხანმედეგობაზე.

№	ელექტროლიზის ხანგრძლივობა წთ.	დანაფარის სისქე მკმ.	შ ე ნ ი შ ვ ნ ა
1	5	-	არასრული დაფარვა. კათოდი დაფარულია ალაგ-ალაგ.
2	10	5	დანაფარი უხარისხოა.
3	15	10	არადამაკმაყოფილებელი დანაფარი.
4	20	20	კარგი დანაფარი.
5	30	25	კარგი დანაფარი.
6	40	25	შეიმჩნევა დენდრიტების წარმოქმნა.
7	50	30	შეიმჩნევა დენდრიტების წარმოქმნა. დენით გამოსავალი დაეცა.
8	80	30	შეიმჩნევა დენდრიტების წარმოქმნა. დენით გამოსავალი დაეცა.

დენის სიმკვრივის გავლენა დანაფარის ხარისხზე ელექტროლიზის
 ოპტიმალური ხანგრძლივობის 25წთ-ის პირობებში

№	დენის სიმკვრივე ა/სმ ²	დანაფარის სისქე მკმ.	შ ე ნ ი შ ე ნ ა
1	0.01	-	არასრული დაფარვა.
2	0.02	-	არასრული დაფარვა.
3	0,03	10	ფორიანი დანაფარი.
4	0,04	20	კარგი დანაფარი.
5	0,05	25	ძალიან კარგი დანაფარი.
6	0,06	25	შეიმჩნევა დენტრიტების წარმოქმნა. დენით გამოსავალი ეცემა.
7	0,08	30	შეიმჩნევა დენტრიტების წარმოქმნა. დენით გამოსავალი დაეცა.
8	0,10	30	შეიმჩნევა დენტრიტების წარმოქმნა. დენით გამოსავალი დაეცა.



ნახ. 1. ა. დენით გამოსავლის (η) დამოკიდებულება კათოდური დენის სიმკვრივეზე.

ბ. დენით გამოსავლის (η) დამოკიდებულება ელექტროლიზის ხანგრძლივობაზე, მუდმივი დენის სიმკვრივის დროს $d_c=0,05$ ა/სმ².

ღღობილ ლითონთა ჰალოგენიდურ მარილთა ნარევი, $t = 110^\circ\text{C}$, კათოდი ფოლადი - 3, ანოდი ალუმინი - სპირალი

ქმედება 3.2

პრაქტიკაში გამოყენებული ნაკეთობებისა და დეტალების შერჩევა

გალვანური ალუმინირებისათვის

გალვანური ალუმინირებისათვის გამოყენებული იყო მრეწველობაში, მშენებლობასა და ენერგეტიკაში გამოყენებული ნაკეთობები და დეტალები, დამზადებული სხვადასხვა მარკის ფოლადების ბაზაზე. კერძოდ, კათოდებად გამოყენებული იყო მცირენახშირბადიანი ფოლადის CT-3-ის ფირფიტები, CT-40 და X-18 ფოლადების ნიმუშები, ლითონთა დეტალებისა და კვანძების მექანიკურად დამაკავშირებელი ხრახნიანი პროფილის ნაკეთობები – ქანჩები და ჭანჭიკები, დამზადებული ფოლადებისაგან 25XMF და 35MF.

ქმედება 3.3

შერჩეული ნაკეთობებისა და დეტალების წინასწარი დამუშავება

ხარისხიანი დანაფარების მიღებისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს ნაკეთობებისა და დეტალების წინასწარ მომზადებას. ალუმინით დასაფარი დეტალების წინასწარი დამუშავება ხდებოდა ორი მეთოდით: მექანიკურად და ელექტროქიმიურად. ზედაპირის მექანიკური გაწმენდა ტარდებოდა სხვადასხვა სიმქისის ზუმფარით – უხეშით დაწყებული და ნულოვანით დამთავრებული, შემდეგ იგი პრიალდებოდა მაუდის ნაჭრით, რის შემდეგ ირეცხებოდა აცეტონში ან ეთერში.

ელექტროქიმიური (ანოდური) დამუშავება ტარდებოდა შემდეგი შემადგენლობის ხსნარში: 150-200 გ/ლ H_2SO_4 +20-40 გ/ლ NaCl. ხსნარის ტემპერატურა შეადგენდა 20-25°C, დამუშავების დროს ანოდს წარმოადგენდა დასაფარი ნაკეთობა: ქანჩი, ჭანჭიკი და სხვა, ხოლო კათოდად გამოიყენებოდა ტყვიის ფირფიტა. ანოდური დენის სიმკვრივე იცვლებოდა 0,03-0,05 ა/სმ² ფარგლებში, ხოლო ელექტროლიზის ხანგრძლივობა იყო 5-10 წთ. ელექტროლიზის შემდეგ დასაფარი ნაკეთობები ირეცხებოდა გამდინარე

წყლით და შრებოდა ეთერში ან აცეტონში. ამის შემდეგ ხდებოდა შერჩეულ ნაღვლებში მისი გალვანური დაფარვა ალუმინით.

ქმედება 3.4

დაბალტემპერატურული ალუმინირების პროცესის ჩატარება ენერგეტიკასა და მშენებლობაში გამოსაყენებელ ნაკეთობებზე

ცდები ტარდებოდა ჩვენს მიერ დაპროექტებულ და დამზადებულ გამსხვილებული მასშტაბის ელექტროლიზურ აბაზანაში. ელექტროლიტი მზადდებოდა წინასწარ გაუწყლოებული მარილების (AlCl_3 , NaCl , BaCl_2) შეღვლით, რომლებიც ელექტროლიზურ აბაზანაში იყრებოდა შემდეგი თანმიმდევრობით: BaCl_2 , NaCl , AlCl_3 . ამის შემდეგ აბაზანას ჰერმეტიკულად ეხურება სახურავი. იწყებოდა აბაზანის გახურება ელექტრულად. 180°C ტემპერატურის მიღწევასა AlCl_3 ღვებოდა, რის შემდეგაც მიიღწეოდა ნაღვლის ინტენსიური შერევა და ჰომოგენიზაცია. ჰომოგენიზაციის პროცესის ბოლომდე მიყვანისათვის ნაღვლი ცხელდებოდა $190-200^\circ\text{C}$ ტემპერატურამდე და ამ ტემპერატურის დაჭერა ხდებოდა ნახევარი საათის განმავლობაში, შემდეგ ხდებოდა აბაზანის გაცივება, რომელიც გრძელდებოდა ტემპერატურის $120-125^\circ\text{C}$ -მდე შემცირებამდე. ამ ტემპერატურის მუდმივად შენარჩუნებისათვის გამოიყენებოდა ავტომატური რეგულატორი.

შემდეგ ხდებოდა აბაზანის დაკომპლექტება ელექტროდებით – კათოდით (ალუმინით დასაფარი დეტალები) და ანოდით (ხსნადი ალუმინის ფირფიტებით).

დანაფარის სისქის გაზრდის და საერთოდ მისი ხარისხის გაუმჯობესების მიზნით გამოყენებული იყო მეტალ-მოდიფიკატორები, რომლებიც მცირე რაოდენობით შეიყვანებოდა ელექტროლიტში. ალუმინის, ნატრიუმის და ბარიუმის ქლორიდების შემცველ ნაღვლებში (0,01-0,1 მასური პროცენტის ოდენობით); (ლითონთა მოდიფიკატორების შეყვანა დანაფარში ხდებოდა შესაბამისი ლითონისაგან დამზადებული დამხმარე ანოდის ელექტროქიმიური გახსნით.) ადრე ჩატარებულ ცდებში მოდიფიკატორებად გამოყენებული იყო ბისმუტი, კალა, მანგანუმი, ტყვია, ცირკონიუმი და ქრომი. დადებითი შედეგები იყო მიღებული მანგანუმის, ტყვიის, ცირკონიუმის და ქრომის შემთხვევაში, ხოლო კალის და ბისმუტის შემთხვევაში – უარყოფითი შედეგი.

ამიტომ გამსხვილებულ მასშტაბის ცდებში მოდიფიკატორებად გამოვიყენეთ მანგანუმი, ტყვია, ცირკონიუმი და ქრომი.

ტყვიის მინარევის მცირე რაოდენობა დანაფარზე მოქმედებს, როგორც ზედაპირულად აქტიური ნივთიერება, რაც იძლევა დანაფარის სისქის გაზრდის შესაძლებლობას. დანაფარში ტყვიის შემცველობა ~1%-ს შეადგენს. ტყვიის იონების დამატებით შესაძლებელი გახდა დენის სიმკვრივის გაზრდა, რის შედეგადაც დანაფარის სისქე გაიზარდა 60-70 მკმ-მდე (ცხრილები 1-3). ქრომის და მანგანუმის გამოყენებამ შესაძლებელი გახდა არა მარტო დანაფარის სისქის გაზრდა, არამედ შეამცირა ელექტროლიტის აქროლადობაც, აგრეთვე – დენდრიტებისა და შესაბამისად შლამის წარმოქმნის პროცესის სიჩქარე, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის ელექტროლიტის სტაბილურობას. მანგანუმის შემცველობა დანაფარში შეადგენს ~2%-ს.

სურ. 1 და 2 მოცემულია ელექტროლიზური აბაზანის სახურავზე დაფიქსირებული ალუმინირებული დეტალები (ჭანჭიკები, ქანჩები და ფირფიტები) და ალუმინის ხსნადი ანოდენი ცდის დამთავრების შემდეგ.





ლითონზე ალუმინის დანაფარების მიღების პროცესის ოპტიმალური პირობები მოცემულია ცხრილში.

ცხრილი 1

№	სარჩული მასალა	ანოდი-მოდულიკატორი	თანაფარდობა ს/ს	დენის სიმკვრივე I, ა/სმ ²	დანაფარის სისქე h, მკმ	დენის გამოსავალი η%
1	CT-3	-----	-----	0,03	20	89,5
2	X-18	-----	-----	0,04	22	85,5
3	CT-40	-----	-----	0,04	25	86,0
4		Pb	1/1000	0,06	60	96,0
5		Zr	1/500	0,05	49	92,5
6	CT-3	Mn	1/500	0,04	52	89,5
7		Cr	1/250	0,03	55	80,0

8	X-18	Pb	1/1000	0,06	63	95,3
9		Zr	1/500	0,05	54	90,4
10		Mn	1/500	0,04	55	91,5
11	CT-40	Pb	1/1000	0,08	68	96,5
12		Zr	1/500	0,05	57	90,0
13		Mn	1/500	0,05	60	91,0

ცხრილი 2.

კათოდის მასალა და რაოდენობა	კათოდური დენის სიმკვრივე, ა/სმ ²	ელექტროლი- ზის ხანგრძლი- ვობა, წთ	ტემპე- რატურა	ანოდი, დამხმარე ანოდი; მათ შორის დენის შეფარდება	დანაფა- რის სისქე h მკმ	დენით გამო- სავა- ლი	შენიშვნა: დანა- ფარის ხარი-სხი
CT-3 4ც 78სმ ²	0,02	120	120	Al/Cr 1/1000	15	90	კარგი
CT-3 5ც 88სმ ²	0,04	60	120	Al/Pb 1/1000	77	77	კარგი
CT-3 5ც 88სმ ²	0,04	60	120	Al/Pb 1/1000	77	85,3	კარგი
25XMΦ 7ც	0,2	60	120	Al/Cr 1/1000	26	49,5	კარგი
	0,3	60	120	Al/Cr 1/1000	31	65	კარგი

ცხრილი 3.

ჭანჭიკების რაოდენობა, მასალები	საერთო ფართო სმ ²	კათოდური დენის სიმკვრივე, ა/სმ ²	ელექტრო- ლიზის დრო, წთ	ძირითადი და დამხმარე ანოდები	დანაფარ- ის სისქე, მკმ	დენით გამოსავა- ლი, %	შენიშვნა: დანაფარ- ის ხარისხი
25XMΦ 7ც	109,2	0,02	60	Al Al-Pb	26-28	92	კარგი დანაფარი
25XMΦ 7ც	88,3	0,03	60	360/0,36	30-32	83	კარგი დანაფარი
5ც	80	0,04	60	Al-Cr	25-28	58	კარგი
7ც	57,4	0,05	30	Al-Cr	20-24	71	დანაფარი კარგი დანაფარი

ამოცანა 4

ალუმინირებული ნაკეთობების მახასიათებლების განსაზღვრა

ქმედება 4.1

ალუმინირებული ნაკეთობების მომზადება ფიზიკურ-ქიმიური
გამოკვლევებისათვის

ალუმინისა და მისი შენადნობების მიკროსტრუქტურის შესწავლა გარკვეულ სიძნელეებთან არის დაკავშირებული გამომდინარე მათი მაღალი პლასტიკურობისა და ნაკლები სიმტკიცის გამო. ამის გათვალისწინებით არის შესაძლებელი ალუმინირებული ნიმუშების ზედაპირის დამუშავების მეთოდთა მისი სტრუქტურის შესასწავლად. გაშლილ და გაპრიალებული ნიმუში მუშავდებოდა 0,5%-იან მდნობ მუავაში დასველებული ბამბით. შემდეგ იგი მოწამვლის მიზნით თავსდებოდა NaOH-ის 20%-იან წყალხსნარში 40 წმ-ის განმავლობაში. მოწამვლის შედეგად წარმოქმნილი მუქი ფერი შორდებოდა კონცენტრირებული აზოტმუავით, რის შემდეგ სინჯი ირეცხებოდა ცხელი გამოსხილი წყლით და შრებოდა ფილტრის ქაღალდით.

ქმედება 4.2

ნიმუშების კოროზიული გამოცდების ჩატარება

ალუმინით დაფარული ნაკეთობები გამოიცადა კოროზიამდებობაზე სპეციალურად შექმნილ გარემოში. ეს აჩქარებული მეთოდი მდგომარეობდა შემდეგში: ალუმინით დაფარული ნაკეთობები იკიდებოდა მავთულებით სპეციალურ მბრუნავ რგოლზე და მათი ემსხვერპლოდა 3-5%-იანი სუფრის მარილის ხსნარი. სხვადასხვა მარკის ფოლადისაგან დამზადებული ნაკეთობები (ჭანჭიკები და ქანჩები) წინასწარ იყო

დანომრილი. ნაკეთობები იყო დამზადებული შემდეგი ფოლადებისაგან: CT-3, X-186 25X1MΦ და 25XM. მბრუნავ რგოლზე დაკიდებულ ჭანჭიკებსა და ქანჩებს მუდმივად ემხეფებოდა მარილსნარი 12 დღეღამის განმავლობაში. შემდეგ ნაკეთობები ირეცხებოდა გამდინარე წყალში და ხდებოდა მათზე ვიზუალური დაკვირვება ლუბის საშუალებით.

ამ დაკვირვებამ გვიჩვენა, რომ მაღალი კოროზიული მედეგობა აღმოაჩნდათ X-18, 25X1MΦ და 25XM ფოლადებისაგან დამზადებულ ნაკეთობებს, რომლებზედაც ვიზუალურად არ შეიმჩნეოდა კოროზიის ნიშნები. რაც შეეხება CT-3-გან დამზადებულ ნაკეთობებს, მათზე შეიმჩნეოდა უმნიშვნელო ცვლილებები. კოროზიული ზემოქმედება არ აღენიშნებოდა ქრომისა და ნიკელის დამხმარე ანოდების გამოყენებით დაფარულ ნაკეთობებს (დამხმარე ანოდები გამოყენებული იყო ალუმინის ძირითად ანოდთან ერთად). დამხმარე ანოდზე დენის სიმკვრივე სამი რიგით ნაკლები იყო, ვიდრე ძირითად – ალუმინის ანოდზე.

კოროზიული ცვლილებები არ განიცადა არცერთმა დანაფარმა, რომლებიც მოთავსებული იყო ღია ატმოსფეროში 2,5 თვის განმავლობაში ატმოსფერული ზემოქმედების ქვეშ.

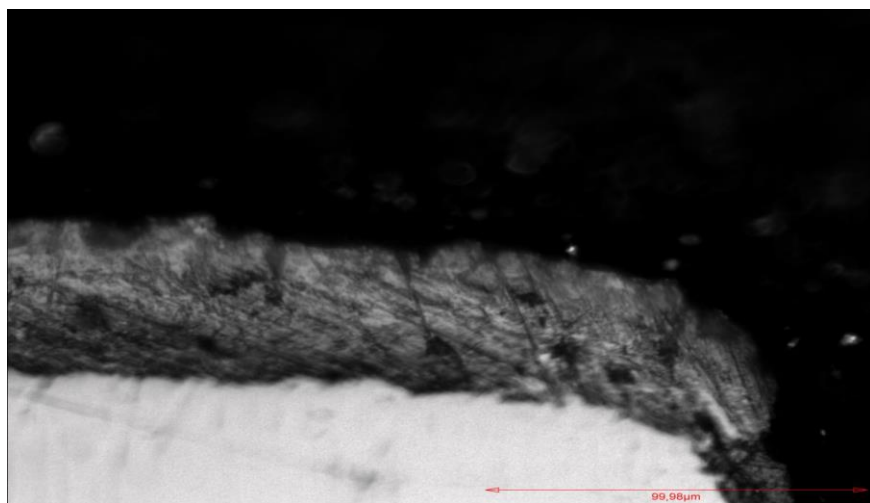
ქმედება 4.3

ნიმუშების ფიზიკური მახასიათებლების დადგენა (მეტალოგრაფიული და რენდგენოგრაფიული გამოკვლევები)

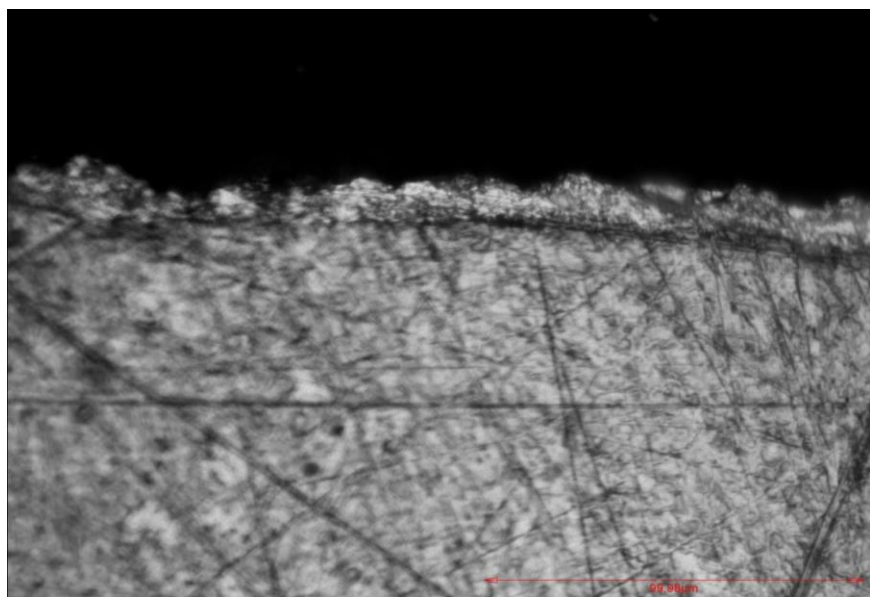
მიღებული დანაფარების სტრუქტურა და შემადგენლობა ისაზღვრებოდა მეტალოგრაფიული და რენდგენოგრაფიული მეთოდებით.

მეტალოგრაფიული და რენდგენოგრაფიული ანალიზის მეთოდებით (სურ.1) დადგინდა, რომ მცირენახშირბადიანი ფოლადის CT-3-ის ალუმინის დანაფარების შეჭიდულობა ფუქესთან საკმარისად ძლიერია. იგივე ფუქეზე დანაფარის შეჭიდულობას ზრდის მისი დოპირება ქრომით და მანგანუმით. ეს მაჩვენებელი ამ მაღოპირებელი ლითონებისათვის შესაბამისად შეადგენს 70კგ/სმ² და 77კგ/სმ² შესაბამისად, ხოლო ფოლადისათვის X-18 -55კგ/სმ² და 60კგ/სმ² შესაბამისად. ტყვიით მოდიფიცირებული ალუმინის დანაფარების შეჭიდულობა შედარებით ნაკლებია და შეადგენს 50კგ/სმ². კარგი

დანაფარები მიიღება 25X1MΦ და 25XM ფოლადებისაგან დამზადებულ სრასნიან ნაკეთობებზე (ქანხები და ჭანჭიკები). ისინი საკმარისი სისქის და სიმტკიცის დანაფარებია და ხასიათდებიან მაღალი კოროზიული მედეგობით.



(ა)



(ბ)

სურ.1. Fe-Al-Pb (ა) და Fe-Al-Zr (ბ) დანაფარების მეტალოგრაფიული ანალიზი (სარჩული CT-3)

დასკვნები

1. გამსხვილებულ მასშტაბში დამუშავებულია ენერგეტიკასა და სამშენებლო ინდუსტრიაში გამოყენებული სხვადასხვა მარკის ფოლადებისაგან დამზადებული სამაგრი ნაკეთობების (ჭანჭიკები, ქანჩები და სხვა) დაბალტემპერატურული გაღვანური ალუმინირების ტექნოლოგიური პროცესი ალუმინის ქლორიდის ნაღობის ბაზაზე. დადგენილია პროცესის ოპტიმალური პარამეტრები: ნაღობის ტემპერატურა – 100-120°C, კათოდური დენის სიმკვრივე – 0,02-0,03 ა/სმ², ელექტროლიზის ხანგრძლივობა – 30-45 წთ, ალუმინის დანაფარის სისქე – 25-40მკმ, ნაკეთობების წინასწარი და დაფარვის შემდგომი დამუშავების პირობები.
2. დამუშავებულია, დამზადებულია და გამოცდილია გაღვანური ალუმინირების მსხვილლაბორატორიული მასშტაბის ჰერმეტიკული ელექტროლიზური აბაზანა 8 ამპერი მაქსიმალური დენის დატვირთვით.
3. შემუშავებულია კონსტრუქციის ელექტროლიზური აბაზანის გამოყენებით ჩატარებულია სხვადასხვა მარკის ფოლადებისაგან (CT-3, X-18, 25X1MΦ, 25XM) დამზადებული ჭანჭიკებისა და ქანჩების გაღვანური ალუმინირება ოპტიმალურ ტექნოლოგიურ რეჟიმში.
4. დადგენილია მოდიფიკატორების – მანგანუმის, ტყვიის და ქრომის დადებითი გავლენა დანაფარის ხარისხზე: კათოდური დენის სიმკვრივისა და დანაფარის სისქის გაზრდა (Pb), ელექტროლიტის აქროლადობისა და დენდრიტებისა და შესაბამისად შლამის წარმოქმნის სიჩქარის შემცირება, დანაფარის სისქის გაზრდა (Mn, Cr).
5. მეტალოგრაფიული და რენდგენოგრაფიული მეთოდებით შესწავლილია მიღებული დანაფარების ხარისხობრივი მაჩვენებლები.