

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებებით

**ზაზა ტაბატაძე**

არმატურის გლინვა ახალი სქემების გამოყენებით XIII-XIV

გალებიდან, მისი ხარისხის გაუმჯობესების მიზნით შპს

“რუსთავისფოლადის” პირობებში

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

თბილისი

2015 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტში ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონთა დამუშავების დეპარტამენტზე სამსხმელო წარმოებისა და ახალი ტექნოლოგიური პროცესების მიმართულებაზე

ხელმძღვანელი: ტმდ, პროფესორი ვასილ კოპალეიშვილი

რეცენზენტი: .....

.....

დაცვა შედგება წლის „ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_, \_\_\_\_ საათზე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის სხდომაზე, კორპუსი II, აუდიტორია კომპ. ცენტრის სასემინარო დარბაზი (3-ე სართული)

მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში,

ხოლო ავტორეფერატისა - ფაკულტეტის ვებ-გვერზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი \_\_\_\_\_

## სადირსეტაციო ნაშრომის მოკლე შინაარსი

ფოლადებზე მაღალტემპერატურული თერმომექანიკური დამუშავების (მთმდ) შესწავლამ აჩვენა, რომ ოპტიმალურ რეჟიმებზე, თერმომექანიკური ფაქტორების ( $t^{\circ}\text{C}$ ,  $\varepsilon\%$ ,  $V\dot{m}/\dot{V}m$  და სხვა) გავლენით სიმტკიცის მაჩვენებლები იზრდება, ხოლო პლასტიკურობის-შენარჩუნებელია, ჩვეულებრივ წრთობასთან შედარებით საკმაოდ მაღალ დონეზე. ასევე, იმავე რეჟიმებზე, დაფიქსირებულია კოროზიამდებობის მოსალოდნელი შემცირების ნაცვლად, მისი გაუმჯობესება. ამ პროცესების უფრო დრმა შესწავლამ აჩვენა, რომ ცხელი პლასტიკური დეფორმაციის გავლენით მალეგირებელი ელემენტები ფუძეში ნაწილდება უფრო ერთგვაროვნად, ვიდრე ჩვეულებრივი წრთობის დროს. მოგვიანებით, იგივე ფაქტორების გავლენა მთმდ დროს შეისწავლებოდა ფოლადების ( $20^{\circ}\text{C}$ ,  $40^{\circ}\text{C}$ ,  $40^{\circ}\text{C}$ ,  $30^{\circ}\text{C}$ ,  $38^{\circ}\text{C}$ ,  $40^{\circ}\text{C}$ ) ბზარმდებობაზე. აუსტენიტის ფრაგმენტაცია, მეორადი ფაზების დისპერსიულობის ზრდა, მალეგირებელი ელემენტების თანაბარი განაწილება, ფუძის “განთავისუფლება” მალეგირებელი ელემენტებისაგან და სხვა იწვევს ბზარმდებობის ზრდას. აღნიშნულ ფაქტებს (მნიშვნელოვან შედეგებს) დაემატა, ე.წ. “ახალი ფენომენის” კომპლექსური გავლენა. შენადნობის ქიმიური შედგენილობა მისადაგებული ტექნოლოგიურ პროცესს (დამუშავებას) + “შლეიფი”  $\langle\text{Ti+N+V}$  ან  $\text{Nb}$ , ანდა ორივე ერთად  $\text{V}$ ,  $\text{Nb}\rangle$  ქმნიან “ახალი ფენომენის” გავლენის პირობებს (სიმტკიცის მაჩვენებლები იზრდება პლასტიკურობის საკმაოდ მაღალ დონეზე შენარჩუნებით). ექსპერიმენტულად დაფიქსირებულია და გამოყენებულია “ახალი ფენომენის” ეფექტები შემდეგ პროცესებზე:

1) ფოლადი  $10^3$  -ს თერმოციკლირება  $20^{\circ}\text{C}$   $650^{\circ}\text{C}$  ფარგლებში, დრეკადობის ზღვრებში მოქმედი დაძაბულობის ქვეშ, მაგალითად, სამართულების დატვირთვები (სამუშაო პირობები) ლითონის გაჭოლვის (განღრუების) დროს (XX საუკუნის 80-იანი წლები);

2) მაღალი სიმტკიცის ( $\sigma_{\text{დ}} 760 \text{ ნ/მმ}^2$ ) სატუმბო-საკომპრესორო მიღების წარმოება ფოლად 40<sup>W</sup> -დან მილსაგლინაე აგრეგატ “140”-ზე (2002-2004წწ).

3) სელექტირებული (C=0.17-0.22%; Si=0.25-0.40%; Mn=0.80-0.90%; S 0.02%; P 0.02%) ფოლადი 3მშ-ის გლინვა სორტსაგლინაე დგანზე “შლეიფის” <Ti+N+V ან Nb, ანდა ორივე ერთად V, Nb> თანაარსებობისას საშუალებას იძლევა მიღებული იქნეს შესადრულებელი (C 0.22%; CE 0.43%) B500W ტიპის, უნიფიცირებული არმატურა დენადობის ზღვრით  $\sigma_{\text{დ}} 500 \text{ ნ/მმ}^2$ , ცხლადგლინულ მდგომარეობაში, თერმული დამუშაების გარეშე (2013-2015წწ).

პირველ მიმართულებამ ბოლო წლებში მიიღო ასეთი სახე. საკუთარ ექსპერიმენტულ მონაცემებზე დაყრდნობით, ფოლადი 10 3 შეცვლილი იქნა კომპოზიციით 08 4 . მეტალოგრაფიულმა კვლევებმა გვიჩვენა, რომ, არც თუ იშვიათად, ახალ შენადნობს აქვს გლობულიარული ბეინიტის სტრუქტურა, რომელმაც მნიშვნელოვნად შეცვალა სამართულების გამძლეობის მახასიათებლები (1000, 1500, 1700 მილი). ყველაფერი კეთდება საწარმოში, რომ ეს პროცესი იყოს სტაბილურად მართვადი.

მეორე მიმართულება, ფოლად 40 -ს გამოყენება მაღალი სიმტკიცის სატუმბო-საკომპრესორო მიღების წარმოებისათვის. ეს მიმართულება ტექნიკურად და მეცნიერულად კონკურენტუნარიანია.

მესამე მიმართულება – სელექტირებული ფლ 3მშ-ის გამოყენება, “შლეიფთან” ერთად, B500W-ს საწარმოებლად – ეს ყველა ასპექტში დასაბუთებული მიმართულებაა. იმისათვის, რომ დაკალიბრების მიზანდასახული ცვლილებითა და გლინვის ახალი სქემების გამოყენებით შეიქმნას პირობები გვქონდეს სტაბილურად მართვადი მთმდ, მოითხოვს გაცილებით მეტ ხარჯებს, ვიდრე B500W-ტიპის არმატურის წარმოება ჩვენი პროექტით. თუმცა ორივეს ერთდროული გამოყენება იქნება საუკეთესო: სიმტკიცის მაჩვენებლები ზრდასთან ერთად გაიზრდება მზა პროდუქციის საკონსტრუქციო სიმტკიცე. ეს ჩვენი შემდეგი ეტაპია!

დღეს “ახალი ფენომენის” მოქმედების სფეროს გასაზრდელად მობილიზირებულია ყველა შესაძლებლობა. ყველა შენადნობს, რომელიც განკუთვნილია მიღების ინსტრუმენტის საწარმოებლად დამატებული აქვს “შლეიფის” <Ti+N+V ან Nb, ანდა ორივე ერთად V,Nb>:

1. გამჭოლი დგანების სამართულების საწარმოებლად განკუთვნილი შენადნობი 08 4 ;
2. ავტომატდგანის სამართულების საწარმოებლად განკუთვნილი შენადნობი 200 20 5 ;
3. შემომგლინავი დგანების სამართულების საწარმოებლად განკუთვნილი შენადნობი 350 1 2 5 ;
4. მილსაგლინავი დგანების სახაზავების საწარმოებლად განკუთვნილი შენადნობი 160 16 5 .

“ახალი ფენომენის” სტრუქტურული “გახსნა” ახალი ტექნიკური საშუალებებით, მაგალითად, -ის გამოყენებით გარჩევის უნარიანობით < 50-20Å-ზე, ბევრ ასპექტში შეგვიწყობდა ხელს ამ პრობლემის მოსაგვარებლად. ჩვენი პოზიცია შეიძლება ასე ჩამოვაცალიბოთ. ჩვენ გავიმეორებთ პროფესორ მესბაუერის ცნობილ გამონათქვამს: “სხვადასხვა სახის მაკავშირებელ ძალებს ერთი ქუდი უნდა ეხუროს!” რომელიც ბრწყინვალედ დადასტურდა მომდევნო ექსპერიმენტული შედეგებით! ჩვენთვის გამოდგება გინიე-პრესტონის ფაზების მაგალითი. წარმოქმნილი მეორადი ფაზები, ფუძესთან კოჰერენტული კავშირებით, განაპირობებენ სიმტკიცის მაღალ მანვენებლებს (დურალუმინის მიღება). ტემპერატურის გავლენით მაკავშირებელი ძალების რღვევა, მომდევნო კოაგულაციის პროცესების განვითარება, განაპირობებს შენადნობის მთლიან დეგრადაციას და ა.შ. თუ წარმოვიდგენთ ძალზე დისპერსიულ მეორად ფაზებს (TiC, TiN, VC, VN და სხვა) \*), რომლებიც წარმოადგენენ არა გადაულახავ წინაღობებს-ბარიერებს, მაშინ არსებულ შედეგს (სიმტკიცის მნიშვნელოვან გაზრდას\_  $\sigma_{\text{ღ}}$  200-2506/მმ<sup>2</sup> და პლასტიკურობის მაღალ დონეზე შენარჩუნებას –  $\epsilon = 27-35\%$ ) შეესაბამება გადაადგილების

\*) ზემოაღნიშნული სისაღეები ( 70-100გპა) მისაღებად გამოყენებულია კვაზიორმაგი ნანო-კრისტალები - ncTiN/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/TiSi<sub>2</sub>.

სერიოზული შეფერხება (სიმტკიცის ზრდა), რომელსაც მოსდევს პლასტიკურობის ზრდა – დისლოკაციების ინტენსიური გადაადგილება. გვაქვს ყველა საფუძველი, რომ გავაკეთოთ დასკვნა: B500W წარმატებულად გაიარა საწარმოო აპრობაცია (NN25<sup>X</sup>; 18<sup>XII</sup>; 16<sup>XIV</sup>; 12<sup>XVI</sup> მმ) და მზად არის ფართომასშტაბიანი გამოყენებისათვის.

### სადისერტაციო თემის აქტუალობა

17.02.2015წ. დოქტორანტმა ნუგზარ მუმლაძემ წარმატებით დაიცვა სადოქტორო დისერტაცია, რომელიც მიძღვნილი იყო “A500C (A400C) შესადუღებელი არმატურის წარმოება შპს “რუსთავი ფოლადის” პირობებში”. მისი სტრატეგიული დასკვნა შეიძლება ასე ჩამოყალიბდეს: თუ სტაბილურად არ კონტროლდება მთმდ-ის პროცესი, მაშინ ამ დამუშავების ჩატარება მიზანშეწონილი არ არის და მოცემულია გზები, თუ როგორ შეიძლება ამ პრობლემის დაძლევა. ძირითად მიმართულებად რეკომენდებულია მსოფლიოში აღიარებული “კონტროლირებული გლინვა” \*) რომელიც ძირითადად ხორციელდება ფოლადების მოდიფიცირებითა და მიკროლეგირებით. ყურადღების გარეშე არ არის დატოვებული ფირმა SMS-Demag-ის, უდავოდ პროგრესიული ტექნოლოგიური პროცესი კონტროლირებული გლინვა

1) “კონტროლირებული გლინვა” – «  
Rolling” – CR;

2) “აჩქარებული გაცივება” – «  
Cooling” – ACC;

3) – Thermomechanical Controlled Processing = Controlled Rolling – CR + Accelerated Cooling – ACC ⇒ CR+ACC=TMCP.

4) 3600 « » « »

. . . . .  
9 2013- . 77-83.

აჩქარებული გაცივებით ( $V_{\text{გაც}}=20^{\circ}\text{C}/\text{წმ}$ ), ე.წ. გლობულიარული ბენიტის მიღებით. დამუშავების შედეგად მიიღება ერთგვაროვანი სტრუქტურა ზომით  $d=0.5\text{-}2\text{მიკრ}(ფ+B)$ , ნაცვლად  $d=4\text{-}8\text{მიკრ}$ ; ჩვეულებრივი კონტროლირებული გლინვის დროს (ფ+პ). მიღებულ შტრიპსებიდან (ქარხანა “აზოვსტალი”) მზადდება მაღალი სიმტკიცის დიდი დიამეტრის გაზისა და ნავთობის სატრანსპორტო მილები (მილები დამზადდა-შედუღდა ხარციხსკში, ხოლო სპეციალური გამოცდები წარმატებით გაიარაიტალიის, ასევე, სპეციალურპოლიგონზე. მზაპროდუქციაგაეგზავნამომხმარებელს).

ფაქტიურადრეკომენდებულიდასკვნები ჩვენს მიერგათვალისწინებულიადაგადადგმულიაწინაბიჯიმთავარმიზნისკენ, როგორგადავიდეთB500W-სწარმოებაზე. ესპირველი, როდესაცსაბოლოოდგახდებანათელი, რომმთმდ-ისგამოყენებააღარშეიძლება.

მიუხედავადყველაფრისადიდსტიმულსიძლევაშედეგებიმიღებულინავთობი სადაგაზისსატრანსპორტომილებისწარმოებაში (SMS\_Demag-ი) დაჩვენცვეძებთეკონომიკურგზებს, რომლებიცმიესადაგებაშპს “რუსთავისფოლადის” ფოლადსადნობდასორტსაგლინავსაამქროებს. აქშეიძლებადაგასახელოთ:

1) უაღუმინოდ, მხოლოდ <Si+Mn>-ით არასრულად განუანგული, სელექტირებული ფოლადი 3მშ-ის სრულად განუანგვის ხერხი  $\square 100\text{მმ}$  ჩამოსასხმელად;

2) გლინვის ახალი სქემებისა და “შლეიფების” ერთობლივი გამოყენების შესაძლებლობები სტრუქტურის სამართავად;

3) დაკალიბრების მოდერნიზაცია მიმართული გლინვის ახალი სქემების გამოყენებისას.მოჭიმვების გადანაწილება მიმართული XIII-XIV გალებზე, რომელმაც უნდა შეუმსუბუქოს მუშაობა ახალ პირობებში გალებს IX-X-ს და XI-XII (XIII-XIV გალების ამძრავებს). ეს კი საშუალებას მოგვცემს ვმართოდ მთმდ-ის რთული პროცესი.

პირველი (რიგით) საშუალებას იძლევა არ შევანეროთ საკვლეო სამუშაოები და იმავედროულად ხელი არ შეუშალოთ მუშაობაში საამქროს. მეორეს ამუშავებას ჭირდება დაკალიბრების მოდერნიზაცია

ისე, რომ მონინახოს გზები თუ არა ყველა პროფილზე – ნაწილზე მაინც, შევასრულოთ სამუშაოები.

ჩვენ მიგვაჩნია, რომ ყველაფრის უცვლელი დატოვება დანაშაულია. აქედან გამომდინარე საჭიროა: 1) გამოეშვათ სრულად განუანგული და მოდიფიცირებული 18AT; 2) დაკალიბრების მოდერნიზაცია, რომელიც საშუალებას მოგვცემს არსებულ პირობებში დავიწყოთ მუშაობა №1 სქემაზე -NN32, 28, 25 მმ-ის გამოშვება; 3) აღნიშნული საშუალებას მოგვცემს ჩავაყენოთ ჩვენს სამსახურში ცხ.პ.დ და იმავდროულად გამოვიყენოთ უკვე ცნობილი (30 -დან) მიკროლეგირების ეფექტი ოღონდ ახლა ატომურ აზოტთან ერთად.

გვაქვს დიდი იმედი, რომ აუსტენიტის ფრაგმენტაცია ( $\Delta E_T=2000-3000$  ნ.მ.) + არა რთული “შლეიფი”  $\langle Ti=0.030-0.045\%; N=0.01-0.015\% \rangle$  ძალიან მიგვაახლოებს  $\sigma_{\text{ღ}}$  500 ნ/მმ<sup>2</sup>,  $\epsilon=25-32\%$  და სხვა. აღნიშნულის გამო, სადისერტაციო თემა აქტუალურია და იმავდროულად გამართული ეკონომიკური თვალთახედვით.

## ამოცანები და მათი გადაწყვეტის გზები

\* შეიძლება თუ არა არსებულ პირობებში (უჩდ-ის რეკონსტრუქციამდე)  $\square 100$ მმ სტრუქტურის (ფართო გაგებით – მაკრო, მიკრო) გამოსწორება.

უალუმინოდ,  $\langle Si+Mn \rangle$ -ით არასრულად განუანგული, სელექტირებული ფოლადი 3მმ-ის გამოსასწორებლად შემოთავაზებულია განუანგვის ხერხი, რომელიც აღმოფხვრის არსებულ ხარვეზებს.

\* როგორ შეიძლება მცირე წონის ნადნობების (10-15 ტ) გლინვა ისე, რომ არ გვკონდეს ტექნოლოგიით გამოწვეული შეჩერებები.

თუ საწარმო გადავა უალუმინოდ,  $\langle Si+Mn \rangle$ -ით არასრულად განუანგული, სელექტირებული ფლ 3მმ-ის სრულად განუანგავ ხერხზე (18AT-ზე), ეს მოგვცემს საშუალებას ნადნობები დავაჯგუფოთ დიდ პარტიებად (50-100 ტ). ყველა ასპექტში გაუმჯობესდება საამქროების (ფოლადსადნობი + სორტსაგლინავი) ეკონომიკური მაჩვენებლები.



\* შეიძლება თუ არა დამამთავრებელი უჯრების მიახლოება გამაცივებელ სისტემასთან. რა დადებითი ეფექტები აქვს მას და რა არის საჭირო ამისათვის.

სორტული საამქროს მუშაობის დეტალურმა ანალიზმა აჩვენა, რომ ამ თითქოსდა რთულ კითხვაზე გაცემულია პასუხი სორტულ საამქროში არსებული ტექნოლოგიებით. შემოთავაზებულ გლინვის ახალ სქემებს ძირეულად სხვა დატვირთვა აქვს. შეიძლება ასე ჩამოვაყალიბოთ. დეფორმაციების დამთავრებით IX-X და XI-XII გალებზე არსებული პაუზები გაცივების სისტემამდე საკმარისია, რომ ჩატარდეს მეტადინამიკური რეკონსტრუქციის პროცესები. აღნიშნული უჯრების გადატანა XIII-XIV გალების ნაცვლად იძლევა საშუალებას ახალი დეფორმაციის ულუფებით ( $\mu_{XIII-XIV}=1.5-1.8$ ) მნიშვნელოვანი წვლილი იქნეს შეტანილი სტრუქტურათა ფორმირების საკითხებში, ამიტომ საჭიროა XIII, XIV, XV, XVI გალებზე ჩატარდეს მოდერნიზაცია, პირველ რიგში შეიცვალოს ამძრავები. არსებობს ამ ღონისძიების ჩატარებამდე ერთი შუალედური ვარიანტი: მოჭიმვების განაწილება მიმართულ XIII-XIV გალებზე, დეფორმაციების შემცირებისაკენ IX-X, XI-XII გალებზე, რომ ამძრავებს შეუმსუბუქოთ მუშაობა.

\* როგორ შეიძლება სტანდარტის მოთხოვნების ფარგლებში ნაგლინის მთლიან სიგრძეზე (თავი, შუა, ბოლო) გათანაბრდეს მექანიკური თვისებების მახასიათებლები.

ჩვენს ხელთ არსებული მონაცემებით გლინვის ახალი სქემის (№1) აპრობაციამ (NN28, 25 მმ) აჩვენა, რომ დეფორმაციისა და მომდ-ის ახალი პირობები აყალიბებენ თანაბარ თვისებებს ნაგლინის მთლიან სიგრძეზე. ასევე, ნაჩვენები იქნა, რომ B500W-ს გლინვისას და თდ-ს გარეშე ყალიბდება ერთგვაროვანი თვისებები. შესამოწმებელია განუანგვის ახალი მეთოდის გამოყენების შემდეგ (18AT) როგორ იცვლება თვისებები ნაგლინის მთლიან სიგრძეზე.

\* რამდენად სრულად ახასიათებს არმატურას, მის ხანგამძლეობას გამოყენებული (უკვე ტრადიციული) მახასიათებლები ( $\sigma_B$ – სიმტკიცის

ზღვარი;  $\sigma_{\text{დ}}$  – დენადობის ზღვარი;  $\gamma$  – ფარდობითი წაგრძელება და ღუნვაზე გამოცდის დადებითი შედეგი).

დოქტორ ნ.მუმლაძის სადისერტაციო ნაშრომში “ხაზგასმით” არი მოცემული, რომ აუცილებელია, ტრადიციულთან ერთად, გამოვიყენოთ რღვევის (ნგრევის) ტოტალური ენერგია –  $E_T$  ნ.მ. და რღვევის (ნგრევის) ტოტალური – კუთრი ენერგია  $a_0^T$  ჯ/სმ<sup>2</sup>. ორივე ერთად და საკონსტრუქციო სიმტკიცის დამახასიათებელი მაჩვენებლები: დარტყმითი სიბლანტე  $a_{0,25}$  ჯ/სმ<sup>2</sup> მდგენელებით  $a_{\beta}-a_{\beta}$ , პირველი – ბზარის ჩასახვაზე დახარჯული კუთრი მუშაობა  $a_{\beta}$  ჯ/სმ<sup>2</sup>, მეორე – ბზარის გავრცელებაზე დახარჯული კუთრი მუშაობა  $a_{\beta}$  ჯ/სმ<sup>2</sup>;  $T_{so}$  – გამყიფების ტემპერატურული ზღურბლი, ტემპერატურა (ლითონის გამოცდის), რომლის დროსაც მყიფე-კრისტალური და ბლანტი-ბოჭკოვანი მდგენელების რაოდენობა ერთმანეთის ტოლია (=50%); ფარდობითი წაგრძელება მდგენელებით  $= 1 + \alpha$  ყელის ფარდობითი შევიწროება მდგენელებით  $= 1 + \beta$ ;  $\alpha$  და  $\beta$  ხასიათებენ ლითონის პლასტიკურობის უნარს, ხოლო  $\alpha$  და  $\beta$  ლითონის წინაღობას ნგრევისადმი;  $J_C$  ნ/მმ – ბზარმდგეობა მისი დადგენის მიახლოებითი მეთოდი ჯეი-ინტეგრალის გამოყენებით, რისთვისაც დამახასიათებელია ნიმუშებზე მიღებული შედეგები შეიძლება გადატანილი იქნეს მზა პროდუქციაზე; საჭიროების შემთხვევაში გამოცდები დადლილობაზე  $\sigma_{-1}$  ნ/მმ<sup>2</sup>. სელექტირებული ფოლადიდან მიღებული შედეგები და მონაცემები საკონსტრუქციო სიმტკიცის დადგენის დროს, მოგვცემს სრულ წარმოდგენას არმატურის მედეგობაზე – ხანგამძლეობაზე.

### დაცვაზე გამოტანილი დებულებები – განზოგადოებული (დასაბუთებული) სიახლეები

1. უალუმინოდ, მხოლოდ <Si+Mn> - ით არასრულად განუანგული, სელექტირებული ფოლადი 3მშ-ის სრულად განუანგვის ხერხი  $\square 100$ მმ ჩამოსასხმელად.

განმუანგველებიდან Al-ის იძულებითმა ამოღებამ  $\square 100$ მმ-ის უწყვეტად ჩამოსხმის შეუძლებლობის გამო წარმოქმნა არასრულად განუანგული ლითონი ხარისხის გაუარესებით, რომელსაც ემატება ორ

ელექტრორკალურ ღუმელში წარმოქმნილი, უკონტროლოდ დარჩენილი, ატომური აზოტი. ჩვენ მიზნად დავისახეთ, გამოგვეჩვენა გზები ამ მდგომარეობის მოსაგვარებლად.

ფოლადის გაშვებისთანავე ციცხვში ვაწვდით საჭირო ალუმინის 50% (5კგ Al), რომელიც მაშინვე დნება და იძულებით ირევა. ეს მდგომარეობა გრძელდება თხევადი ფოლადის ციცხვში ნახევრამდე ამოსვლამდე (აღნიშნულ პერიოდში ადგილი აქვს ალუმინის განუანგვას  $3FeO+2Al \rightarrow 3Fe+Al_2O_3$ , წარმოქმნილი ჟანგულის სწრაფად აწიდვასა და AlN წარმოქმნას). შემდეგ ეტაპიდან განუანგვის პროცესებში მონაწილეობას იღებენ სილიციუმი და მანგანუმი, სრულდება ტრადიციული პროცესები და ბოლოს ციცხვ-ღუმელი იკავებს ღუმელის ადგილს. დაყენებული “თეთრი” წიდა აქტიურად მონაწილეობს ფოლადის რაფინირებაში. საერთო ანალიზის გაგების შემდეგ, ვუმატებთ 5კგ Ti-ს და თუ ახალმა ანალიზმა აჩვენა Ti 0.02%, მაშინ ფოლადი სრულადაა განუანგული, წარმოქმნილია ნაერთები (TiC, TiN, AlN, VC, VN ვანადიუმის დამატების შემთხვევაში და სხვა), რომლებიც აქტიურად მონაწილეობენ სტრუქტურათა წარმოქმნის პროცესში. საჭიროების შემთხვევაში, ყოველგვარი გართულებების გარეშე შეგვიძლია სრულიად განუანგულ ფოლადს დავუმატოთ: “შლეიფი” არსებული  $< Ti + N + V >$  ან მოდერნიზებული  $< Ti + N + V >$  ან  $Nb$  ანდა ორივე ერთად  $V, Nb >*$ ).

## 2. გლინვის ახალი სქემებისა და “შლეიფების” ერთობლივი გამოყენების შესაძლებლობები სტრუქტურის სამართავად შპს “რუსთავის ფოლადის” სორტ-საგლინავ საამქროში

ამჟამად შემოთავაზებულია გლინვის ორი ახალი სქემა: №1 – NN32,28,25მმ პროფილების გლინვისას დამამთავრებელი გალების IX-X, შეუცვლელი გადატანა XIII-XIV გალების ნაცვლად და №2 – NN22,20,18მმ პროფილების გლინვისას დამამთავრებელი გალების XI-XII, ასევე, შეუცვლელად გადატანა XIII-XIV გალების ნაცვლად.

---

\*არნახული ტემპით ვითარდება ნავთობისა და გაზის სატრანსპორტო მილების წარმოება. არსებული მეთოდების გამოყენებით შემუშავებულია

კომპოზიცია: C<0.10%; Si<0.40%; Mn<2.0%; V 0.15%; Nb 0.10%; Ti=0.01-0.02%; N0.007-0.01% + დანამატები (Cu, Ni, Cz, Mo... 0.65-1.30%).

ამ მოქმედებას ჰქონდა თავიდან ასეთი საფუძველი. გლინვის დამთავრებიდან გაცივების დაწყებამდე, არსებული პაუზების დროს განვითარებული მეტადინამიკური რეკრისტალიზაციებს ნულამდე დაყავთ ცხელი პლასტიკური დეფორმაციის (ცხ.პ.დ) გავლენით შექმნილი ეფექტები. მიახლოება შეამცირებს ამ უარყოფით გავლენებს, ხოლო შენარჩუნებულს დააფიქსირებს გამაცივებელი სისტემა.

ამ მუშა ჰიპოთეზის უარყოფა მოხერხდა იმ ანალიზის შედეგებით, რომლებიც მოცემულია დოქტ. ნ.მუმლაძის სადისერტაციო ნაშრომში. გლინვის ახალი პირობებით პროფილების NN32,28,25;22,20,18 მმ ექნებოდათ იგივე პირობები რაც აქვთ N16მმ, განსაკუთრებით NN14,12 მმ-ს, როდესაც პლასტიკური დეფორმაციის დამთავრებისთანავე იწყება სწრაფი გაცივების (დაფიქსირების) პროცესი. ნაჩვენებია, რომ მიღებული შედეგები შესრულებული საშუალო არითმეტიკული გათვლებით კარგია, ხოლო სტატისტიკური ანალიზით (ჰისტოგრამებით) მიღებული საშუალო დონეზეა. ჯერ-ჯერობით მოხერხდა საწარმოო ექსპერიმენტები განხორციელებულიყო პროფილებზე N28 და N25-ზე. N28მმ-ის შედეგები მოცემულია ნ.მუმლაძის დისერტაციაში, ხოლო შედეგები მიღებული N25-ზე გაანალიზებულია ზ.ტაბატაძის ნაშრომში. პირველი - N28მმ-ის გლინვა XIV გალიდან გამოქვეყნებულია, ხოლო N25მმ-ს შედეგები ჩაშვებულია გამოსაქვეყნებლად. ამ მასალების მიხედვით შეიძლება თვისობრივი დასკვნის გაკეთება. რა თქმა უნდა, როგორც იყო აღნიშნული VIII გალიდან პაუზას XIII გალამდე თითქმის ნულამდე დაყავს ცხ.პ.დ-ის ეფექტები მეტადინამიკური რეკრისტალიზაციის მოქმედების შედეგად. ამ დროს დეფორმაციებს XIII-XIV გალებზე არსებულ სტრუქტურებში შეაქვთ ცხ.პ.დ-ის ახალი ულუფები. მათი გავლენა დაფიქსირებულია ტაივანის გამომცდელ დანადგარზე რაოდენობრივად. ჩვენი გათვლებით (არსებულ მონაცემებზე დაყრდნობით) რღვევის (ნგრევის) ტოტალური ენერჯის

ნაზრდი ( $E_{6.6}$ ) მით მეტია, რაც დიდია დეფორმირების სიდიდე (გამოჭიმვის კოეფიციენტი  $\mu$ ) XIII-XIV გალებზე; ამ მონაცემებზე დაყრდნობით  $E_T^{N32}=1000$  ნ.მ. ყველა შემთხვევაში, ფაქტები ფაქტებად რჩება, პაუზის შემდეგ ახალმა დეფორმაციებმა თავისი დადებითი კვალი დატოვეს. ეს მაშინ, როდესაც ივლინებოდა არასრულად განუანგული კომპოზიცია – ფლ 3მშ. მასალათა თვისებების ლაბორატორიის (ახლა – “მთსსც”) მარაგნაკეთით (ფოლად 35 შეცვლა 30 ) ტიტანი შემცველობით  $Ti=0.030-0.045\%$  დადებითად მოქმედებს სტრუქტურათა ფორმირებაზე და ასევე, კოროზიამედგობაზეც. ფოლადი 30 თავისუფლად აკმაყოფილებდა მოთხოვნებს ( $\sigma_{\text{ღ}} > 4006/\text{მმ}^2$ ,  $\delta = 28\%$ ,  $J_{IC} = 746/\text{მმ}$ ). ამ მონაცემებზე დაყრდნობით იქნა რეკომენდირებული ახალი (არა რთული) “შლეიფი”  $\langle Ti=0.030-0.045\%; N=0.01-0.015\% \rangle$ . სრულად განუანგულმა, სელექტირებულმა (C 0.18-0.22%; S=0.25-0.040%; Mn=0.80-0.90%; S $\leq$ 0.02%; P 0.02%) ფლ 3მშ თერმული დამუშავებით უნდა მოგვეცეს მონაცემები, რომლებიც დააკმაყოფილებენ მაღალი სიმტკიცის მოთხოვნებს  $\sigma_{\text{ღ}}$  700-8006/მმ<sup>2</sup>, 18-20% და ა.შ. ხოლო ცხლადგლინულ მდგომარეობაში თღ-ს გარეშე როცა ნგრევის ჯამური ენერჯის ნაზრდი იქნება ტოლი:  $E_T=2000-3000$ ნ.მ დენადობის ზღვარი გვექნება ტოლი  $\sigma_{\text{ღ}}$  5006/მმ<sup>2</sup>,  $\delta = 25-35\%$ ,  $J_{IC}=80-90$  ნ/მმ, საგრძნობლად იქნება გაუმჯობესებული კოროზიამედგობა. აღნიშნულის (ნამდვილად სასურველსა და საჭიროს!) განხორციელებას სჭირდება: 1) XIII, XIV, XV, XVI ამძრავების შეცვლა უფრო მძლავრი აგრეგატებით და ხისტი მახასიათებლებით; 2) დაკალიბრების მოდერნიზაცია ისე, რომ XIII-XIV გალებზე გამოჭიმვის კოეფიციენტი იძლეოდეს სტრუქტურის ფრაგმენტაციას, რომელიც გამოსახული იქნება  $E_T=2000-3000$ ნ.მ ჯამურად. ეს კი იქნება თანამედროვე “გლინვა კონტროლის ქვეშ”.

**3. ტაივანის მანქანის მიერ გაცემული მონაცემების მაქსიმალურად გამოყენება, რაც დაგვაახლოებს პროდუქციის (არმატურის) საკონსტრუქციო სიმტკიცესთან**

დღეს ტაივანის 100 ტონიან კომპიუტერულ მანქანის მიერ ამობეჭდილ მონაცემებიდან გამოყენებულია უმნიშვნელო ნაწილი:  $\sigma_B$  - სიმტკიცის ზღვარი,  $\sigma_{\text{დ}}$  - დენადობის ზღვარი, ფარდობითი წაგრძელება - 7.

აღნიშნულის გარდა ჩვენს მიერ მაქსიმალურად არის გამოყენებული კომპიუტერის (მანქანის-დანადგარის) მიერ ამობეჭდილი მონაცემები. მათი გამოყენებით ვანგარიშობთ

$S_k$  - ნგრევის (რღვევის) ჭეშმარიტ წინაღობას, ნ/მმ<sup>2</sup>;

7 ( 1+ 2) ფარდობითი წაგრძელების მდგენელებს;

1 - ფარდობითი წაგრძელება თანაბარი, ყელის წარმოქმნამდე, ლითონის პლასტიკური დეფორმაციის უნარი - %.

2 - ფარდობითი წაგრძელება ყელის წარმოქმნის შემდეგ, რღვევისადმი წინაღობა - %.

( 1+ 2) - ყელის ფარდობით შევიწროებას - %;

1 - ფარდობითი შევიწროება ყელის წარმოქმნამდე - %;

2 - ფარდობითი შევიწროება ყელის წარმოქმნის შემდეგ - %;

პირველი ახასიათებს ლითონის პლასტიკურობის უნარს, მეორე რღვევისადმი წინაღობას.

$E_T$  - რღვევის ტოტალური ენერგია, ნ.მ;

$a_0^T$  - რღვევის ტოტალური კუთრი ენერგია, ჯ/სმ<sup>2</sup>;

ორივე მახასიათებელი ერთად იძლევა ნათელ წარმოდგენას ლითონის (არმატურის) ხანგამძლეობაზე.

ქვემოთ მოყვანილია მაგალითი თუ როგორ ხდება აღებული მონაცემების ანგარიში.

ეს ყველა შედეგი ძალიან გაგვიადვილებს აღებული არმატურის საკონსტრუქციო სიმტკიცის დადგენას ( $\alpha_{0,25} = \alpha_{\beta} + \alpha_{\gamma}$  ჯ/სმ<sup>2</sup>  $T_{50}$ ;  $S_k$ ; 7 ( 1+ 2) = 1+ 2;  $I_{LC}$ ,  $E_T$ ,  $a_0^T$ ,  $\sigma_{-1}$ ).

### მიღებული შედეგების პრაქტიკული მნიშვნელობა

დაცვაზე გამოტანილ სამ განზოგადოებულ (დასაბუთებულ) დებულებას-სიახლეს, თან ახლავს რეალური პრაქტიკული მნიშვნელობები.

1. უაღუმინოდ, მხოლოდ <Si+Mn>-ით არასრულად განუანგული, სელექტირებული (C=0.18-0.22%; Si=0.25-0.40%; Mn=0.80-0.90%; S 0.02%; P 0.02%) ფოლადი 3მშ-ის სრულად განუანგვის ხერხი განკუთვნილი □100მმ-ის უწყვეტად ჩამოსასხმელად. შემუშავებული ხერხი-მეთოდი საშუალებას იძლევა შედარებით იაფად სრულად განუანგოთ ფოლადი, რომელიც ჩამოსასხმება უწყვეტად □100მმ-ის მისაღებად. ამ ხერხმა გააგვიხსნა გზა, რათა გავაგრძელოთ მუშაობა B500W-ზე. წინ გასაკეთებელი ბევრია და რაც მთავარია ISO-ს სტანდარტის ათვისება გარდაუაღია. დამოუკიდებლად აღნიშნულისა, ამ ხერხის-მეთოდის წარმოებაში დანერგვა მოგვცემს: გაუმჯობესდება კვადრატისა და მზა პროდუქციის ხარისხი; ნეიტრალიზებული იქნება (AlN+TiN) აზოტის აქტიური ატომები; შეიქმნება შესაძლებლობა გავაერთიანოთ ნაღნობები შედარებით დიდ პარტიებად (50-100 ტ), აღნიშნული მნიშვნელოვნად გაუმჯობესებს საამქროს ეკონომიკურ მაჩვენებლებს; ამ მეთოდმა უნდა შეამციროს თვისებათა სხვაობები ნაგლინის სიგრძეზე (თავი, შუა, ბოლო); დიდ ხანს შეგვეძლო ჩამონათვალის გაგრძელება, მაგრამ აქ მთავარია ჩვენ შეგვიძლია, თუ ამის სურვილი იქნება ძალიან მალე “გავიაროთ” არმატურის ნომრების შესწავლა და გადავიდეთ საკონსტრუქციო სიმტკიცის შესწავლაზე. ისე, რომ პირველ დებულებას მოქმედების დიდი დიაპაზონი გააჩნია.

2. გლინვის ახალი სქემებისა და “შლეიფების” ერთობლივი გამოყენების შესაძლებლობა სტრუქტურის სამართავად

გლინვის ახალი სქემების საფუძველი შემდეგში მდგომარეობს: ნომრების NN12, 14 მმ და ნაწილობრივ N16 მმ – გარდა ყველა (NN18, 20, 22; 25, 28, 32) პროფილს აქვს სოლიდური პაუზა დეფორმაციების დამთავრებიდან გაცივების ინტენსიურ დაწყებამდე. ჩვენს მიერ გალების (IX-X; XI-XII) შეუცვლელი გადატანა XIII-XIV გალების ნაცვლად საშუალებას იძლევა სტრუქტურათა ფორმირებისას შემოვიტანოთ ცხ.პლ.დეფ-ის “ახალი ულუფები”, რომელიც დარჩენილთან ერთად შექმნის აუსტენიტის ახალ აღნაგობას, რომლის საზომათ ჩვენს მიერ შემოტანილია ნგრევის (რღვევის) ტოტალური ენერჯის ნაზრდი  $E_T$  ნ.მ., თუ ის იქნება  $E_T=1000-3000$  ნ.მ. ფარგლებში გვექნება საშუალება ჩავატაროთ “კონტროლირებული გლინვა”, იქნება გარკვეული სიდიდის



(სახის) ეფექტი – ეს პირველი. ჩვენ დიდი ხანია უკვე ვიყენებთ “შლეიფების” გაფლენას (მაგალითად: <Ti+N+V>). ჩვენ საკუთარი გამოცდილებიდან ავარჩიეთ “იაფი გზა” (1), ხოლო მსოფლიოს სუპერმოწინავე ტექნოლოგიებიდან ავარჩიეთ შედარებით ძვირი (2) გზა: 1) ჩვენი <Ti=0.030-0.045%; N=0.01-0.015%>; 2) სუპერთანამედროვე <Ti=0.030-0.045%; N=0.01-0.015%; V=0.10-0.15; Nb=0.08-0.10%>, ე.ი. გამოვიყენებთ ყველა საშუალებას, რომ მომდ-ის შემდეგ მაღალი სიმტკიცე გამოყენებული რთულ კონსტრუქციებში. მეორე <Ti+N> + ცხ.პლ.დეფ-ის ეფექტები მოგვცემს სასურველ B500W-ს გაზრდილი საკონსტრუქციო სიმტკიცით, ე.ი. მეორე (რიგით!). დებულებას დიდი ორნაირი დატვირთვა აქვს, როგორც თეორიული, ასევე, პრაქტიკული.

3. ტაივანის მანქანის მიერ გაცემული მონაცემების მაქსიმალურად გამოყენება, რაც დაგვაახლოვებს პროდუქციის (არმატურის) საკონსტრუქციო სიმტკიცესთან, საჭირო 12 მახასიათებლიდან ეს გზა იძლევა საშუალებას დაავადინოთ 7 მაჩვენებელი. თუ ათვისებული იქნება (აღბათ, სჯობდა თუ ნებადართული იქნება) B500W-ს წარმოება, მაშინ ნიმუშების დამზადება რთული არ არის, მაგრამ შრეობრივი აღნაგობის დროს ჩვენი გზა ერთადერთია, რომ მიუახლოვდეთ ISO-ს მოთხოვნებს ( $S_k = 1 + 2, = 1 + 2, E_T, a_0^T$ ). აღბათ, გადადება არ არის საჭირო, არმატურის შეფასების საქმეში გამოვიყენოთ ენერგეტიკული (ჩვენი მიდგომით, სტრუქტურულიც!) მახასიათებლები  $E_{Tნ.მ}; a_0^T \text{ჯ/სმ}^2$ .

### ლიტერატურის მიმოხილვა

#### არმატურების კლასიფიკაცია და მათი ძირითადი თვისებები

არმატურა არის რკინაბეტონის კონსტრუქციების ერთ-ერთ ძირითადი შემადგენელი ელემენტი, რომელიც მისი ექსპლოატაციის მთელი პერიოდის განმავლობაში უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ ძირითად მოთხოვნებს: მას უნდა გააჩნდეს მაღალი ტექნოლოგიურობა წარმოებაში, მაღალი სიმტკიცე და პლასტიკურობა ხანმოკლე და ხანგრძლივი დატვირთებისას, სხვადასხვა ტემპერატურულ



პირობებში ექსპლოატაციისას, ასევე უნდა გამოირჩეოდეს კოროზიამდებობით, უნდა გააჩნდეს შედუღების მაღალუნარიანობა საველე პირობებში და ა.შ.

არმატურებს რკინაბეტონის კონსტრუქციებში მუშაობა უწევს ღერძულ შეკუმშვებსა და გაფართოებებზე, რომლებიც ძირითადათ განისაზღვრება ტექნოლოგიური და კონსტრუქციული ფაქტორების ერთობლიობით, რომლებშიც ზემოსხენებულთან ერთად შედის ბეტონის სიმტკიცე და პლასტიკური თვისებები, რკინაბეტონის კონსტრუქციის დამზადების ტექნოლოგია, განსაკუთრებით კი არმატურის საკონსტრუქციო ელემენტების ფორმები და მათი მიღების ტექნოლოგიები, რაც საშუალებას იძლევა დამატებით გაიზარდოს არმატურის ბეტონთან შეჭიდულება და გრეხვისადმი მდგრადობა.

ყოველივე ზემოთ თქმულის გათვალისწინებით შესაძლებელია რაციონალურად იქნას შერჩეული კონკრეტული ობიექტების მშენებლობისათვის გამოყენებული რკინაბეტონის კონსტრუქციისათვის ამა თუ იმ სახეობის არმატურა და შესაბამისი ფოლადის მარკა, რომლისაგანაც დამზადებული იქნება ეს არმატურა და რომლის ძირითად კრიტერიუმებადაც გვევლინება: მექანიკური თვისებები, რომლებიც განისაზღვრებიან ღერძული სტატიკური გაჭიმვებით; მყიფე ნგრევისადმი მიდრეკილება, რომელიც განისაზღვრება გამოცდით დარტყმით სიბლანტეზე; ხანგრძლივი სიმტკიცით ანუ ხანგამძლეობით, რომლის შეფასებაც შესაძლებელია გაჭიმვაზე ხანგრძლივი გამოცდით, კოროზიული დასკდომისადმი მედეგობით მრავალჯერადი განმეორებითი დატვირთვებისას; რეოლოგიური თვისებებით და სხვა.

შედუღებადობა სადაც იგულისხმება არა მარტო შედუღება ამა თუ იმ შედუღების მეთოდითა და საშუალებების გამოყენებით, არამედ მიღწეულ იქნეს საჭირო მექანიკური თვისებები, ხანგრძლივი სიმტკიცე და საშუალებები რომლებიც გამორიცხავენ შედუღების ნაკერების მყიფე ნგრევას; აღნიშნული გარანტიაა იმისა, რომ „საველე პირობებში“ შედუღების დროს და, ასევე, თერმომექანიკური დამუშავებისას, არ წარმოიქმნება „ლარტყისებური“ მარტენსიტი, მასთან დაკავშირებული სირთულეებით; ტექნოლოგიური თვისებები ე.ი. მისი ტექნოლოგიურობა დამუშავებისა და ექსპლოატაციისას, რომელშიც იგულისხმება

ტექნოლოგიურობა შედუღებისას ე.ი. შედუღების დროს სტანდარტული მოწყობილობის გამოყენების შესაძლებლობა.

მექანიკური თვისებების შენარჩუნება კონტაქტური ელექტროგახურებისას შედუღების დროს; ცნობილია, რომარმატურის ტექნოლოგიურობა განისაზღვრება, როგორც თვით ფოლადის, რომლისგანაც შესრულებულია არმატურა ქიმიური შედგენილობითა და დამზადების ტექნოლოგიით. ასევე, არმატურის საწარმოებლად გამოყენებული ტექნიკური მოწყობილობის განვითარების დონითაც.

მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში (მაგ.გფრ-სა, იაპონიასა და დიდბრიტანეთში) მაღალმტკიცე ფოლადისაგან შესრულებული არმატურა დიამეტრით 6-16 მმ ძირითადად იწარმოებოდა სწორი წნელისაგან.

1974 წლიდან ევროპაში (კერძოდ გფრ-ში) იწარმოებოდა მაღალი სიმტკიცის ცეცხლადგლინული არმატურა დიამეტრით 20-32მმ, ქიმიური შედგენილობით: C=0,3%; Si=1,3%; Mn=0,7%; Cr=2,7%. რომლის მექანიკური თვისებებიც იყო  $\sigma_{1350}$ მპა,  $\sigma_{1100}$ მპა,  $\delta \geq 7\%$ , მაგრამ ამ ქიმიური შედგენილობის ფოლადების ნაკლია ის რომ, ისინი შეიცავენ მალეგირებული ელემენტების გაზრდილ რაოდენობას. ერთის მხრივ ლტოლვა იმისაკენ რომ გაზრდილიყო გამოყენებული მასალის სიმტკიცის ზღვარი და მეორის მხრივ შემცირებულიყო ძვირადღირებული მარეგირებელი ელემენტების პროცენტული შემცველობა, ევრეპული ქვეყნების უმრავლესობასა და იაპონიაში მიზნად დაისახეს არადაძაბულ არმატურად ფართოდ გამოყენებინათ არმატურები განმტკიცებულნი გამოჭიმვით ან გრეხვით. მაგრამ მათ სერიოზულ ნაკლოვანებებად შეიძლება ჩაითვალოს საკონტაქტო შემაერთებელი შედუღებების სირთულეები და შედარებით გაზრდილი თვითღირებულება, რომლებიც განპირობებული იყო იმით რომ, დამზადების შემდეგ მას უტარდებოდა მოშვება 400-500°C-ზე, შემდგომი შენელებული გაციებით, რომელიც მიმდინარეობს სპეციალურ კამერაში. ხშირ შემთხვევაში განტკიცების შემდეგ მათ უტარდებათ დაბალტემპერატურული მოშვებაც. ამ სახის არმატურა მზადდებოდა გლუვზედაპირიანი, რომელთა ბოლოებზეც მოჭრილი იყო კუთხვილი,

ამასთან არმატურასთან ერთად კომპლექსი მოიცავს აუცილებელ შემაერთებელ ელემენტებსაც.

საარმატურე ფოლადის გაზრდილი მოთხოვნა მეორის მხრივ დღის წესრიგში აყენებდა მეორე ალბად უფრო მნიშვნელოვან საკითხს: საარმატურე ნამზადის ხარისხის მოთხოვნების გამკაცრებას, რაც აუცილებელს ხდის მათი დამზადების ტექნოლოგიის განუწყვეტლივ გაუმჯობესებასა და სრულყოფას.

## შედგები და მათი განსჯა

### 1. “ახალი ფენომენის” გამოყენება B500W-ტიპის არმატურის საწარმოებლად

1. ნახვენებია, რომ თუ კომპოზიციის სტრუქტურაში არის, ე.წ. “შლეიფი”  $\langle Ti+N+V \rangle$ , მაშინ სხვადასხვა პირობებში ვლინდება, ე.წ. “ახალი ფენომენი” (მაგალითად: 1) ფოლად 10 3 -დან დამზადებული გამჭოლი დგანების სამართულების ექსპლუატაციის დროს; 2) ფოლად 40 -დან მიღებული მილნამზადების გლინვისას, სატუმბო-საკომპრესორო მილების მისაღებად, მილსაგლინავ აგრეგატ “140”-ზე; 3) 18 -ტიპის ფოლადიდან არმატურის, NN 25, 18, 16 მმ, გლინვისას სორტსაგლინავ დგანზე), შენადნობების სიმტკიცის მაჩვენებლები მნიშვნელოვნად იზრდება, პლასტიკურობის საკმაოდ მაღალ დონეზე შენარჩუნებით. აღნიშნულის გამო, შესწავლის სტადიაშია ჩვენს მიერ შემუშავებული, მილსაგლინავი დგანების ინსტრუმენტების საწარმოებლად განკუთვნილი შენადნობები: 08 4 , 200 20 5 , 350 1 1 5 და სხვა; ვფიქრობთ, რომ კიდევ უფრო გაფართოვდება “ახალი ფენომენის” მოქმედების არე.

1. NN 25, 18, 16 მმ არმატურებზე მიღებული შედეგები დამაჯერებლად ადასტურებენ:

(N25მმ -  $R_B=660$  ნ/მმ<sup>2</sup>,  $R_{tL}=657$  ნ/მმ<sup>2</sup>,  $R_{tD}=526$  ნ/მმ<sup>2</sup>,  $R_{tS}=511$  ნ/მმ<sup>2</sup>;  $\gamma=27\%$ ,  $30\%$ );

(N18მმ -  $R_B=684$  ნ/მმ<sup>2</sup>,  $R_{tL}=689$  ნ/მმ<sup>2</sup>,  $R_{tD}=561$  ნ/მმ<sup>2</sup>,  $R_{tS}=599$  ნ/მმ<sup>2</sup>;  $\gamma=31\%$ ,  $35\%$ );

(N16მმ -  $R_B=699$  ნ/მმ<sup>2</sup>,  $R_{tL}=699$  ნ/მმ<sup>2</sup>,  $R_{tD}=575$  ნ/მმ<sup>2</sup>,  $R_{tS}=571$  ნ/მმ<sup>2</sup>;  $\gamma=27\%$ ,  $32\%$ );

რომ ფოლადი 18 საშუალებას იძლევა ISO-ს მოთხოვნების დაცვით (ცხლად გლინვით, თერმული დამუშავების გარეშე), მიღებული

იქნას უნიფიცირებული, შესადუღებელი არმატურა B500W-ტიპის, დენადობის ზღვრით -  $\sigma_{\text{დ}} = 500 \text{ ნ/მმ}^2$ .

მნიშვნელოვანია შედეგებია აგრეთვე არმატურის თერმული დამუშავების შემდეგ

(N25მმ -  $\sigma_{\text{B}}=864 \text{ ნ/მმ}^2$ ,  $\sigma_{\text{დ}}=795 \text{ ნ/მმ}^2$ ,  $\tau=18\%$ , 20%);

(N18მმ -  $\sigma_{\text{B}}=843 \text{ ნ/მმ}^2$ ,  $\sigma_{\text{დ}}=782 \text{ ნ/მმ}^2$ ,  $\tau=18\%$ , 16%);

(N16მმ -  $\sigma_{\text{B}}=873 \text{ ნ/მმ}^2$ ,  $\sigma_{\text{დ}}=811 \text{ ნ/მმ}^2$ ,  $\tau=16.5\%$ , 19%),

რაც თავისი მასშტაბით დამოუკიდებელ შესწავლის საგანს წარმოადგენს.

ორივე მდგომარეობაში (ცხლადგლინული და თერმულად დამუშავებული) ჩატარებული მეტალოგრაფიული კვლევების შედეგები კარგად ავსებენ მექანიკური გამოცდების მონაცემებს.

## 2. არმატურის გლინვა ახალი სქემების გამოყენებით XIII–XIV გალიდან, მისი ხარისხის გაუმჯობესების მიზნით შპს “რუსთავის ფოლადის” პირობებში

სიმტკიცის ზღვარი  $\sigma_{\text{B}}=675\text{ნ/მმ}^2$ ; დენადობის ზღვარი  $\sigma_{\text{დ}}=550\text{ნ/მმ}^2$  ფარდობითი წაგრძელება  $\tau=18\%$ ; რღვევის ტოტალური ენერგია  $E_{\text{T}}^{\text{X}}=10000\text{ნ.მ}$ ; რღვევის კუთრი ტოტალური ენერგია  $a_0^{\text{T}}=2100\text{ჯ/სმ}^2$ ;

გამოჭიმვის კოეფიციენტის მნიშვნელობა  $\mu=\frac{F_0}{F_x}$  იცვლება.

\*) NN25,28,32მმ შემთხვევაში:

N25მმ 2.16 - 1.69

N28მმ 1.72 - 1.35

N32მმ 1.32 - 1.03

\*\*) NN18,20,22მმ შემთხვევაში:

N18მმ 2.57 - 1.94

N20მმ 2.08 - 1.63

N22მმ 1.72 - 1.35

გლინვა შემოთავაზებული სქემით XIV უჯრიდან-გალიდან კალიბრების შეუცვლელად, სიმტკიცის ზღვარი  $\sigma_{\text{B}}=650\text{ნ/მმ}^2$ ; დენადობის ზღვარი  $\sigma_{\text{დ}}=550\text{ნ/მმ}^2$ ; ფარდობითი წაგრძელება  $\tau=21\%$ ; რღვევის ტოტალური ენერგია  $E_{\text{T}}^{\text{XIV}}=13000 \text{ ნ.მ}$ ; რღვევის კუთრი ტოტალური ენერგია  $a_0^{\text{T}}=2500 \text{ ჯ/სმ}^2$ . თუ შევადარებთ ახალ (XIV გალიდან გლინვას) ძველს (X გალიდან გლინვას) გვექნება ასეთი სურათი  $\sigma_{\text{B}} = \sigma_{\text{B}}^{\text{XIV}} - \sigma_{\text{B}}^{\text{X}} = 650 - 675 = -$

$$256/მმ^2; \Delta\sigma_{\text{ფ}} = \sigma \frac{XIV}{d} - \sigma \frac{X}{d} = 550 - 550 = 0; \Delta\delta_7 = \delta \frac{XIV}{7} - \delta \frac{X}{7} = 21 - 18 = 3\%; E \frac{N25}{T} =$$

$$E \frac{XIV}{T} - E \frac{X}{T} = 13000 - 10000 = 3000 \text{ მ.მ}; a \frac{T}{o} = a \frac{XIV T}{o} - a \frac{X T}{o} = 2500 - 2100 = 400 \text{ } \frac{\%}{\text{ს.მ.}^2}.$$

მიღებული შედეგები თავსდება თერმული დამუშავების თეორიისა და პრაქტიკის ფარგლებში. X გალიდან გლინვისას, არსებული პაუზის (~4წმ) გავლენით წრთობის დაწყებამდე, მეტადინამიკური რეკრისტალიზაციის გავლენით თანდათანობით ისპობა ცხელი პლასტიკური დეფორმაციისას მიღებული – წარმოქმნილი ფრაგმენტები აუსტენიტის მარცვლებში. ასეთი სტრუქტურა თერმოდინამიკურად კარგად ემორჩილება გადაცივებას მომდევნო  $\gamma \rightarrow \alpha$  გარდაქმნას (რადენობრივად ის პოვებს  $\sigma_B$ -ს ზრდაში თავის ადგილს  $\sigma_B = -256/მმ^2$ ). სხვა მახასიათებლები, განსაკუთრებით ენერგეტიკული ( $E_T, a_o^T$ ) განიცდიან პლასტიკური დეფორმაციის ახალი ულუფის გავლენას, რასაც ადგილი აქვს XIII-XIV გალებზე. აღნიშნულ შედეგებს დაამშვენებდა მეტალოგრაფიული ანალიზის შედეგები, მაგრამ მაინც წინ გადაიდგა ნაბიჯი, რომელმაც ცალსახად აჩვენა, რომ ცხელი პლასტიკური დეფორმაცია, როგორც ძლიერი ინსტრუმენტი სტრუქტურათა ფორმირების საქმეში, უნდა იყოს გამოყენებული არა ბრმად, არამედ კვალიფიციურად, ჰარმონიულად მიკროლევირებასთან ერთად, ჩვენს შემთხვევაში “ახალ ფენომენტთან” ერთად.

N28მმ-ის გლინვისას XIII-XIV გალებიდან გამოჭიმვის კოეფიციენტის მნიშვნელობა ტოლია  $\mu_{XIII-XIV}^{N28} = 1.72$ , ნგრევის ტოტალური ენერჯის ცვლილება შეადგენს  $E^N = E_T^{XIV} - E_T^X \approx 1900 \text{ მ.მ}$  [4]. N32მმ-ის გლინვისას  $\mu_{XIII-XIV}^{N32} = 1.32$ , ე.ი. თუ ზემოაღნიშნულს ჩავთვლით კანონზომიერად, მაშინ ნგრევის ტოტალური ენერჯია უნდა შემცირდეს, ჩვენი გათვლებით 1000 ნ.მ-მდე. თუ განვიხილავთ გლინვის ახალ მეორე სქემას, მაშინ ის უფრო მართვადი უნდა იყოს ვიდრე პირველი.

იმისათვის, რომ ჩატარებულ იქნეს პრეციზიული ექსპერიმენტები აუცილებელია მოგვარებული იყოს დეფორმაციებისა და დეფორმაციის სინქარეების საკითხები. ეს მოგვცემს საშუალებას ტექნოლოგიური პროცესები გაგხადოთ სტაბილურად მართვადი. იდეალურ შემთხვევაში, ფრაგმენტირებული აუსტენიტის გაცივება სხვადასხვა სინქარით მოგვცემს საშუალებას ავარჩიოთ სასურველი დიაპაზონი, სადაც

გვექნება მაღალი სიმტკიცე, შეხამებული შეუმცირებელ პლასტიკურობასთან. თუ დაფიქსირდა ორივე ფაქტორის (სიმტკიცე+პლასტიკურობა) ზრდა, ეს იქნება უმაღლესი რანგის შედეგი. მიზანშეწონილია სამუშაოები ჩატარდეს ასეთი თანმიმდევრობით:

- 1) სრულად განჯანგული, სელექტირებული ფოლადის 3მშ-ის მიღება;
- 2) მაქსიმალურად ეკონომიურად იქნეს გამოყენებული ტიტანი და განსაკუთრებით ვანადიუმი (“შლეიფი”  $<Ti=0.01-0.015\%; N=0.008-0.014\%; V=0.08-0.13\%>$ ) B500W-ს საწარმოებლად პროფილებზე NN32,28,25;22,20,18;16;14,12მმ;
- 3) აირჩეს პროფილები სრული კვლევის ჩასატარებლად, საკონსტრუქციო სიმტკიცის დასადგენად;
- 4) გაგრძელდეს სამუშაოები დეფორმაციის (გლინვის) ახალი სქემების (№1,№2) შესწავლის ორივე რეჟიმზე (თერმული დამუშავების გარეშე და თერმული დამუშავებით!); აუცილებლად გაისინჯოს NN22,20,18 (სქემა №2), მათი ყოველმხრივი შესწავლით; ასევე საჭიროა განმეორდეს ექსპერიმენტები პროფილებზე NN28,25,32მმ (სქემა №1); გაისინჯოს ახალი “შლეიფი”  $<Ti=0.030-0.045\%; N=0.008-0.014\%>$  გლინვის ახალ სქემებთან (№1 და №2) ერთად; შესწავლილი იყოს ყველა საჭირო მახასიათებელი კოროზიამდებობის ჩათვლით.

**3. უაღუმინოდ, მხოლოდ<Si+Mn>-ით არასრულად განჯანგული, სელექტირებული ფოლადი 3მშ-ის სრულად განჯანგვის ეკონომიური ხერხი,განკუთვნილი □100-ის უწყვეტად ჩამოსასხმელად უ.ჩ.დ-ზე**

1. შემუშავებულია მეთოდი, რომელიც საშუალებას იძლევა, ტექნიკური შეფერხებების გარეშე, გავაგრძელოთ მუშაობა B500W-ს დეტალურად შესწავლაზე.
2. დასაბუთებულია ტექნიკურად და ტექნოლოგიურად არგონის გამოყენებით ლითონის არევა აზრს კარგავს. იგივეს შეასრულებს აზოტი (რაც ჩვენს ანგარიშში მოგვცემს +100 ლარს). ორ ელექტრორკალურ ღუმელში წარმოქმნილ ატომური აზოტი გადაყვანილი იქნება TiN. ეს კი სხვა წარმოქმნილ ქიმიურ ნაერთებთან (TiN, AlN, VC, VN, TiC და სხვა) ერთად მიიღებს აქტიურ მონაწილეობას სტრუქტურათა ჩამოყალიბებაში, რაც “ახალი ფენომენის” საფუძველია.

სელექტირებული ფოლადი 3მშ დამუშავებული შლეიფით <Ti+N+V> ჩამოსხმული  $\square 100$  მმ შეიძლება გაიყიდოს მზა პროდუქციის B500W-ის ფასად, ეს კი ერთიგადამუშავების მოგებაა!

**4. შესადუღებელი (C 0.22%; CE 0.43%), უნიფიცირებული არმატურის B500W-ს წარმოება დენადობის ზღვრით  $\sigma_{\text{ღ}}$  500 ნ/მმ<sup>2</sup> ცხლადგლინულ მდგომარეობაში, თერმული დამუშავების გარეშე**

მიღებული შედეგების განსჯის დაწყება შეიძლება დავიწყოთ გამოდნობილი ფოლადების ქიმიური შედგენილობების განხილვით. ფოლადი 18 კარგად არის შერჩეული. განსაკუთრებით პირველი დნობა №7874: C=0.20%+Mn=0.80% და შლეიფი <Ti=0.019%; N=0.013%; V=0.19%>. ფოლადს ცხლადგლინულ (თდ-სგარეშე!) მდგომარეობაში აქვს  $\sigma_{\text{ღ}}=511-575$  ნ/მმ<sup>2</sup>,  $\sigma_{\text{B}}=657-699$  ნ/მმ<sup>2</sup>,  $\delta=27-35\%$ ,  $\omega(1)=19-23\%$ ,  $\delta=22-26\%$ ,  $E_{\text{T}}^{\text{N}25}=17049$  ნ.მ.;  $a_0^{\text{T}}=3476$  ჯ/სმ<sup>2</sup> და ამ თვისებებთან შეხამებული მეტალოგრაფიული კვლევის შედეგები. ძალზე საინტერესოა NN25, 18, 16 მმ სტრუქტურა.

მიგვაჩნია, რომ B500W-სთან ერთად შესრულებული მთმდ-ის შედეგები ძალზე მნიშვნელოვანია სამშენებლო საქმეში გამოსაყენებლად, ამიტომ ეს თემატიკა, ე.წ. B500W-ს პარალელურად შესრულებული საქარხნო აპრობაციების შედეგები, იმსახურებს დამოუკიდებელ განხილვას (უფრო დეტალურ კვლევებს).

გარდა აღნიშნულისა, ჩვენს ყურადღების ცენტრში იყო და არის ორი ძალზე მნიშვნელოვანი საკითხი: 1) ფოლადის შედუღებადობა და 2) ფოლადის-არმატურის კოროზიამდევობა ბეტონში. ISO-ს ახალმა მოთხოვნებმა ეს (არსებული) პრობლემატური მოთხოვნები გაამარტივა. იმისათვის, რომ ვაწარმოთ უნიფიცირებულია B500W-ს ტიპის არმატურა აუცილებელია დაცული იყოს ორი პირობა: გამოყენებული კომპოზიცია უნდა პასუხობდეს ISO-ს მოთხოვნებს C 0.22%; და CE 0.43%. უკვე ახალი მიდგომით ძალზე გამარტივდა შედუღების პრობლემური საკითხები. თუ დაცული იქნება ეს მოთხოვნები, მაშინ სავსე პირობებში შესრულებული შედუღებები იქნება “ჯანსაღი”, ყოველგვარი თდ-ს გარეშე. ISO-ს მეორე მოთხოვნამ

(CE 0.43%) საკმარისად გაართულა  $\sigma_{\text{ღ}}$ : 500 ნ/მმ<sup>2</sup> მიღების საკითხი, მაგრამ ეს გზა უფრო გააზრებულია მეცნიერულად ვიდრე A500C-ის მიღება მომდ-ით.

ჩვენ განსახილველი დაგვრჩა დნობები: 2) №71143 (C=0.22%; Mn=0.71%; <Ti=0.026%; N=0.006%; V=0.15%>) და 3) №71551 (C=0.22%;Mn=0.67%; <Ti=0.014%; N=0.013%; V=0.13%>), რომელთა გამოყენებადაკავშირებულია N12 მმ არმატურის წარმოებასთან. №71143:  $\sigma_{\text{ღ}}$ =505-514 ნ/მმ<sup>2</sup>;  $\sigma_{\text{B}}$ =689-729 ნ/მმ<sup>2</sup>,  $\delta$ =27-27.5%;  $\psi_{\text{თ}(1)}$ =20-21%;  $\psi_{\text{თ}(2)}$ =21%;  $E_{\text{T}}$ =2407.5 ნ.მ;  $a_0^{\text{T}}$ =2130 ჯ/სმ<sup>2</sup>. №71551:  $\sigma_{\text{ღ}}$ =514-523 ნ/მმ<sup>2</sup>;  $\sigma_{\text{B}}$ =622-629 ნ/მმ<sup>2</sup>,  $\delta$ =31-34%;  $\psi_{\text{თ}(1)}$ =24-25%;  $E_{\text{T}}$ =2706-3056 ნ.მ. $a_0^{\text{T}}$ =2395-2704 ჯ/სმ<sup>2</sup>. N12მმ არმატურაზე მიღებული შედეგები კარგია, მაგრამ ნადნობის ქცევა გამოჭიმვის კოეფიციენტის შემცირებისას დიდი დიამეტრების გლინვისას უნდაიყოს დადგენილი ექსპერიმენტალურად.

საქარხნო ექსპერიმენტებზე დაყრდნობით დადგენილია, რომ სტაბილური შედეგების მისაღებად აუცილებელია ტექნოლოგიურ პროცესთან ერთად გეკონდეს სელექტირებული ფლ3მშ:

C=0.20-0.22%, Si=0.25-0.40%; Mn=0.80-0.90%; S 0.02%; P 0.02%

და “შლეიფი”<Ti=0.015-0.02%; N=0.010-0.015; V=0.10-0.15%>პროფილებზე 25<sup>X</sup> მმ; 18<sup>XII</sup> მმ; 16<sup>XIV</sup> მმ; 12<sup>XVI</sup> მმ მიღებულია დადებითი შედეგები, ე.ი. ცხლად გლინვის შემდეგ, თერმული დამუშავების გარეშე, მიღებულია უნიფიცირებული B500W დენადობის ზღვრით  $\sigma_{\text{ღ}}$ : 500 ნ/მმ<sup>2</sup>.

### ექსპერიმენტალური ნაწილი საკვლევი მასალა და კვლევის მეთოდიკა

კვლევის ობიექტი: ფლ 3მშ მარკის უწყვეტადსხმული □100მმ ნამზადის მიღება და სხვადასხვა დიამეტრის (N12,14,16,18,20,22,25,28,32 მმ) A500C კლასის არმატურის წარმოება სორტსაგლინავ დგანზე თერმული დამუშავებით; B500W კლასის არმატურის მიღება თდ გარეშე ფოლად 18 -დან (18 ).

კვლევის მეთოდი: კვლევის გამოყენებული მეთოდები მოიცავს დნობის ტექნოლოგიურ ციკლს მზა კვადრატული ნამზადის მიღებამდე. ფოლადის დნობას ინდუქციურ ღუმელებში, ფოლადის დნობის



დუპლექს-პროცესს (ელექტრორკალური ღუმელი + ციცხე-ღუმელი) ფოლადის ქიმიური შემადგენლობის კონტროლი ხორციელდება “ARL3460” ტიპის და ახალი სპექტოგრაფების გამოყენებით, რაც საშუალებას იძლევა სხვა ელემენტებთან ერთად, დადგენილი იქნეს ატომური აზოტის შემცველობა! (24 ქიმიური ელემენტი + CE-ნახშირბადის ექვივალენტი) ფოლადის გაჟანგვა წარმოებს მხოლოდ ორი ელემენტის (Si+Mn) გამოყენებით, ვინაიდან ალუმინი, ჩინელი სპეციალისტების რეკომენდაციით, რომელთა ზედამხედველობით აშენდა ელ.ფოლადსადნობი საამქრო, ამოღებული იქნა გამჟანგველებიდან. როგორ მოქმედებდა გაჟანგვის ხარისხი 100 მმ-იანი კვადრატული ნამზადის მიკროსტრუქტურაზე აქტუალური გახდა მას შემდეგ, რაც კომერციული მიზნებიდან გამომდინარე საჭირო შეიქმნა მისი გაყიდვა. კვლევის გეგმა ჩვენ გვექონდა მოსაზრებიდან, თუ როგორ მოქმედებს გაჟანგვის ხარისხი (მისი სიღრმე) ფოლადის თხელდენადობაზე. შერჩეული იქნა მეთოდი თხელდენადობის დასადგენად. სამსხმელო-საფასონო საამქროში ჩამოსხმული იქნა საჭირო გეომეტრიის მქონე სხმულები და სარემონტო-მექანიკურ საამქროში დამზადდა კოკილები, რომელთა გამოყენებით ვადგენთ ფოლადის თხელდენადობას (“ნეხენძი-სამარინის” U-ს მაგვარი სინჯის მეთოდი) კოკილები ხურდებოდა ერთ მუდმივ ტემპერატურაზე ( $t_{გახ}=500^{\circ}\text{C}$ ) კამერულ ღუმელში. ვსწავლობდით გაუჟანგავ ლითონს, ხოლო შემდეგ, იგივე ტემპერატურაზე შეისწავლებოდა გაჟანგული ლითონი. გაუჟანგულ ლითონს ჰქონდა უფრო მაღალი სვეტის სიმაღლე, ვიდრე გაუჟანგავს (გადასვლა 9 მმ-დან 6 მმ-ზე) სამივე გამჟანგველის (Si+Mn+Al) ერთდროული გავლენის შესასწავლად საჭირო შეიქმნა უფრო ღრმად გაგვეანალიზებინა კვლევის მეთოდიკა. თუ ამ ელემენტების გავლენით შემცირდებოდა თხელდენადობა ისე, რომ შეიქმნებოდა პრობლემები უწყვეტად ჩამოსხმის დროს, მაშინ საჭირო იყო სხვა ღონისძიებების ჩატარება. აღნიშნულთან ერთად, საჭირო შეიქმნა არალითონური ჩანართების შემცველობა ლითონში მინიმუმამდე ყოფილიყო დაყვანილი და გოგირდისა და ფოსფორის შემცველობა ყოფილიყო ზღვრებში S 0.02%, P 0.02%, რაც მოხერხდა დუპლექს პროცესის ათვისების შემდეგ. 18

ტიპის კომპოზიციის შექმნამ და საწარმოო ექსპერიმენტებმა გასცეს

პასუხი ამოცანას: თუ ალუმინი ამცირებს თხელდენადობას, საჭიროა მისი შეცვლა ტიტანით. პრობლემის სირთულის გამო მიზანშეწონილი შეიქმნა ეს თემა გადაწყვეტილიყო ცალკე-დამოუკიდებლად. ზემოთ თქმულის გამო, ყურადღების ცენტრში აღმოჩნდა უწყვეტადსხმული ლითონის გეომეტრიული ზომები და სხვადასხვა სახის დეფექტები, მათი გავლენა კვადრატული ნამზადის ხარისხზე. ჩასატარებელი თდ-ის (წრთობა-თვითმოშვების) კონტროლი ხორციელდებოდა უშუალოდ არმატურაზე მექანიკური გამოცდების (გამოცდა გაჭიმვაზე და გამოცდა ღუნვაზე) ჩატარებით. გაჭიმვაზე გამოცდა ტარდება 100 ტონიან, კომპიუტერულ “ -6040 12” ტიპის მანქანაზე (ტაივანი), ხოლო ღუნვაზე, ამ მიზნებისთვის მოდერნიზირებულ წნეხზე. მეტალოგრაფიული კვლევების ჩასატარებლად მზადდება ნიმუშები (შლიფები). მათი პრეპარირება ხორციელდებოდა 3.5%-იანი HNO<sub>3</sub>-ის გამოყენებით, მიკროსტრუქტურები შეისწავლებოდა მეტალურგიული მიკროსკოპის Neophot-21 საშუალებით. x100, x400, x800კ.ზ. გადიდებით. სტრუქტურების გადაღება წარმოებდა ციფრული აპარატის საშუალებით. თერმული დამუშავების კონტროლი ხორციელდებოდა მიკროსისალის გაზომვით მთელ დიამეტრზე (უპირატესად, ცენტრი და გარე ზედაპირი)

#### ნაშრომის ძირითადი შედეგები

B500W ტიპის არმატურის წარმოებას ფლ 18 -გან სორტსაგლინავ საამქროში აქვს სირთულეები, რომლებიც დაკავშირებულია, როგორც ელ.ფოლადსადნობი, ასევე ლითონების წნევითი დამუშავების პროცესებთან. აუცილებელია ელ.ფოლადსადნობი საამქროს ინდექციურ ღუმელებში გამოდნობილმა ფოლადმა გაიაროს დამუშავების სრული პროცესი ციცხ-ღუმელში. საჭიროდ მიგვაჩნია დეგაზაციის სრულად ჩატარებისათვის ნადნობების ვაკუუმირება. მიზანშეწონილია უჩდ-ს გაუკეთდეს მოდერნიზაცია, რაც საშუალებას მოგვცემს ჩამოისხას  $\square$  120 მმ (რაც გამოიწვევს სორტული საამქროს ნაწილობრივ მოდერნიზაციას, იქმნება საშუალება გაუანგვის პროცესი ჩატარდეს ტრადიციული წესით (Si+Mn+Al), ხოლო ამ ღონისძიებების ჩატარებამდე აუცილებელია: მესამე გამუანგველად (Si+Mn) გამოყენებული იქნეს ტიტანი Ti=0.02-0.03%, იმის გამო რომ ნადნობების საშუალო წონა 11-15 ტონა, აუცილებელია ფოლადების ქიმიური

შემაღგენლობების სელექტირება (C=0.17-0.22%; Si=0.25-0.40%; Mn=0.80-0.90%; S 0.02%; P 0.02% ტიტანისა და ვანადიუმის დანამატებით 18 ) რასაც მოყვება წარმოების მოწესრიგებასთან ერთად, დიდი ეკონომიური ეფექტი.

საქარხნო ექსპერიმენტებზე დაყრდნობით დასაბუთებულია, რომ ფოლად 18 -დან “შლეიფის” (Ti+N+V) გამოყენებით, თერმული დამუშავების გარეშე, მიიღება B500W-სთვის საჭირო სტრუქტურა და მექანიკური თვისებები.

გლინვის სქემების მოდერნიზაცია – დამამთავრებელი უჯრედების მიახლოება გამაციებელ სისტემასთან (მაგ. NN25,28,32 მმ შემთხვევაში IX და X უჯრების შეუცვლელად გადატანა XIII-XIV უჯრედების ნაცვლად) საშუალებას იძლევა სტაბილურად მივიღოთ მთმდ-ს შემდეგ მექანიკური თვისებების მახასიათებლების მაღალი კომპლექსი, განსაკუთრებით რღვევისადმი წინააღობის კუთხით (რღვევის ტოტალური ენერგია  $E_T$  ნ.მ. და რღვევის ტოტალური კუთრი ენერგია  $a_{T\%}^T/სმ^2$ ).

ჩატარებული კვლევების საფუძველზე ნათელი გახდა, რომ ტრადიციულად საჭირო მახასიათებლებთან ერთად (სიმტკიცის ზღვარი -  $\sigma_B$ , დენადობის ზღვარი -  $\sigma_L$ , ფარდობითი წაგრძელება -  $\epsilon$  და გამოცდა ღუნვაზე) მნიშვნელოვანი ადგილი უნდა დაიკავონ რღვევის ტოტალურმა ენერგიამ  $E_T$  და რღვევის ტოტალური კუთრი ენერგიამ -  $a_0^T$ , რადგან ორივე მახასიათებელი ერთად იძლევა სრულ წარმოდგენას აღებული მასალის ხანგამძლეობაზე, რაც მეტია  $E_T(a_0^T)$  მით მაღალია აღებული პროდუქციის მედეგობა. უნდა იყოს მიღწეული, რომ გამომცდელი მანქანის მიერ დაფიქსირებული რღვევის ტოტალური (ჯამური) ენერგია კონტროლდებოდეს გათვლებით, რომლებიც შესრულებული იქნება იმავე ექსპერიმენტების მონაცემების გამოყენებით. საერთოდ, ამ მიმართულებას მნიშვნელოვნად გააძლიერებენ დარტყმითი სიბლანტე მდგენელებით  $[a_{0.25}(a_{\%}+a_g)]$ , გამყიფების ტემპერატურული ზღურბლი ( $T_{50}$ ), ბზარმდეგობა ( $J_{IC}$ ) და სხვა ამ კუთხით მიმართული ექსპერიმენტული მონაცემები.

ტაივანის კომპიუტერული გამომცდელი მანქანის გამოყენებით დამაჯერებლად იქნა დადასტურებული, რომ აღებული ლითონური

მასალის რღვევაზე, ცხლადგლინურ მდგომარეობაში, იხარჯება უფრო მეტი ენერგია, ვიდრე მისი თერმულად (მომდ) დამუშავების შემდეგ. სხვაგვარად, თერმული დამუშავებით პლასტიკურობის მახასიათებლები ( , ) გარკვეულად მცირდება, რომელთა ხარჯზე იზრდება სიმტკიცის მახასიათებლები. აღნიშნული ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი დასკვნაა, რომლის საფუძველზე აუცილებელია საწარმომ გამოუშვას შედუღებადი (საველე პირობებში) არმატურა B500W ცხლადგლინულ მდგომარეობაში, თერმული დამუშავების გარეშე. ეს მასშტაბური ამოცანა ჩვენს მიერ წარმატებულად იქნა გადაწყვეტილი “ახალი ფენომენის” - <Ti+N+V>-ის გამოყენებით.

### დასკვნა

\* გაანალიზირებულია დოქტ. ნ.მუმლაძის სადისერტაციო ნაშრომის ყველა პუნქტი, რომელთაც ჩვენ ვეთანხმებით. ხშირად საუბარია ცალკეული უბნების რეკონსტრუქციაზე და ა.შ. გავითვალისწინეთ რა საწარმოს დღევანდელი ეკონომიკური მდგომარეობა, არსებულ საერთაშორისო ფონზე, მიზნათ დავისახეთ ხომ არ არსებობს გზები (ალბათ ბილიკები) მდგომარეობის გამოსასწორებლად. აღნიშნულის გათვალისწინებით, ჩვენი ყურადღების ცენტრში აღმოჩნდა:

- ფოლადის სრულად განჯანგვის პროცესი და ორ ელექტრორკალურ ღუმელში დნობისას ფოლადში გადასული ატომური აზოტის ნეიტრალიზაციის საკითხები;

- მაქსიმალურად სწრაფად გექონოდა სრული მონაცემები B500W-ს არმატურაზე პროფილების მიხედვით და ხომ არ საჭიროებს “ახალი ფენომენი” რაიმე კორექციას არსებული რთული ნომენკლატურის (NN32,28,25;22,20,18;16;14,12 მმ) ათვისებისას;

- რადგან გალებზე XIII, XIV, XV, XVI ამძრავების შეცვლა პრობლემატურია, დაისვა საკითხი ხომ არ შეიძლება დაკალიბრების მოდერნიზაციით შეფუძსუბუქოთ XIII-XIV გალების ამძრავებს დატვირთვები (რა თქმა უნდა, როცა ისინი ჩანაცვლებული იქნება, მორიგეობით, IX-X და XI-XII გალებით);

- N25 მმ არმატურის ახალი სქემით გლინვის შედეგების ანალიზმა ცხადყო, რომ დაკალიბრების მოდერნიზაციამ შეიძლება ძირეული ცვლილებები შეიტანოს სტრუქტურათა ფორმირების საკითხებში;

- რადგან B500W-ს ათვისება ნელი ტემპით მიმდინარეობს, ეს ავტომატურად იწვევს შენელებას არსებული ტექნოლოგიით გამოშვებულ პროდუქციას ჩაუტარდეს სრული ანალიზი, მისი საკონსტრუქციო სიმტკიცის დასადგენად, ამიტომ ხომ არ შეიძლება ტაივანის 100 ტონიანი კომპიუტერული მანქანის-დანადგარის მიერ მოცემული მონაცემების უფრო სრულად გამოყენება.

\* უაღუმიზოდ, მხოლოდ <Si+Mn>-ით არასრულად განუანგული, სელექტირებული (C=0.18-0.22%; Si=0.25-0.40%; Mn=0.80-0.90%; S 0.02%; P 0.02%) ფოლადი 3მშ-ის სრულად განუანგვის ხერხი განკუთვნილი □100მმ-ის უწყვეტად ჩამოსასხმელად. ვიხილავთ დუბლექს პროცესს (15 ტონიან ელექტრორკალურ ღუმელში დნობა ფოლადის ქიმიური შედგენილობის მისაღებად, რაფინირება-დაყვანა ციციხე-ღუმელში). ფოლადის გაშვებისთანავე ციციხეში ვაწვდით საჭირო ალუმინის 50% (5 კგ, Al), რომელიც მაშინვე დნება და იძულებით ირევა. ეს მდგომარეობა გრძელდება თხევადი ფოლადის ციციხეში ნახევრამდე ამოსვლამდე (აღნიშნულ პერიოდში ადგილი აქვს ალუმინით განუანგვას  $3FeO+2Al \rightarrow 3Fe+Al_2O_3$ , წარმოქმნილი უანგეულის აწიდვასა და AlN-ის წარმოქმნას). შემდეგ ეტაპიდან განუანგვის პროცესებში მონაწილეობას იღებენ სილიციუმი და მანგანუმი, სრულდება ტრადიციული პროცესები და ბოლოს ციციხე-ღუმელში იკავებს ღუმელის ადგილს. დაყენებული “თეთრი” წიდა აქტიურად მონაწილეობს ფოლადის რაფინირებაში. საერთო ანალიზის გაგების შემდეგ, ვუმატებთ 5 კგ Ti-ს და თუ ანალიზმა აჩვენა Ti 0.02%, მაშინ ფოლადი სრულადაა განუანგული, წარმოქმნილია ნაერთები (TiC, TiN, AlN, VC, VN ვანადიუმის დამატების შემთხვევაში და სხვა), რომლებიც აქტიურად მონაწილეობენ სტრუქტურათა წარმოქმნის პროცესებში. საჭიროების შემთხვევაში, ყოველგვარი გართულებების გარეშე შეგვიძლია სრულად განუანგულ ფოლადს დაუმატოთ საჭირო კომპონენტები (მაგალითად, “შლეიფები”: არსებული <Ti+N+V>, მოდერნიზირებული <Ti+N+V ან Nb, ანდა ორივე

ერთად V, Nb> კოროზიული მედეგობის გათვალისწინებით. 1) <Ti=0.030-0.045%; N=0.01-0.015%> 2) <Ti=0.030-0.045%; N=0.01-0.015%; Cu=0.8-1.2%> და სხვა). ბოლოს, სრულად განუანგული ფოლადი მიეწოდება უჩდ-ს, სადაც ჩამოისხმება  $\square 100$  მმ.

\* N25 მმ არმატურის გლინვა ტრადიციული (IX-X გალებიდან) და ახალი სქემით (XIII-XIV გალებიდან), მიღებული შედეგების ანალიზი საწარმოო აპრობაციის შედეგად დაფიქსირებულია:

$$\sigma_B = \sigma_B^{XIV} - \sigma_B^X = 650 - 675 = -25 \text{ ნ/მმ}^2; \Delta \sigma_{\text{დ}} = \sigma_{\text{დ}}^{XIV} - \sigma_{\text{დ}}^X = 550 - 550 = 0;$$

$$\delta_7 = \delta_7^{XIV} - \delta_7^X = 21 - 18 = 3\%; E_T = E_T^{XIV} - E_T^X = 13000 - 10000 = 3000 \text{ ნ/მმ};$$

$$a_0^T = a_0^{TXIV} - a_0^{TX} = 2500 - 2100 = 400 \text{ } \mu\text{/სმ}^2; \text{ მიღებული შედეგები თავსდება}$$

თერმული დამუშავების თეორიისა და პრაქტიკის ფარგლებში. X გალიდან გლინვისას, არსებული პაუზის (~ 4წმ) გავლენით წრთობის დაწყებამდე, მეტადინამიკური რეკრისტალიზაციის გავლენით თანდათანობით ისპობა ცხ.პლ.დეფ-ისას მიღებული-წარმოქმნილი ფრაგმენტები აუსტენიტის მარცვლებში. ასეთი სტრუქტურა თერმოდინამიკურად კარგად ემორჩილება გადაცივებას მომდევნო  $\gamma \rightarrow \alpha$  გარდაქმნისას (რაოდენობრივად ის პოვებს  $\sigma_B$ -ს ზრდაში თავის ადგილს  $\sigma_B = -25$  ნ/მმ<sup>2</sup>). სხვა მახასიათებლები, განსაკუთრებით ენერგეტიკული ( $E_T$ ,  $a_0^T$ ) განიცდიან პლ.დეფორმაციის ახალ ულუფის გავლენას XIII-XIV გალებზე.

ჩვენს ხელთ არსებული ექსპერიმენტულ მონაცემებზე დაყრდნობით (გლინვა ახალი №1 სქემით – IX-X გალების შეუცვლელი გადატანა XIII-XIV ნაცვლად) და ჩატარებული გათვლებით, ახალი სქემით განპირობებული ენერგეტიკული ნაზრდი ( $E_T$  ნ.მ.) NN32,28,25 მმ-ს გლინვისას უნდა გაიზარდოს, შესაბამისად, 1000; 2000; 3000 ნ.მ. ფარგლებში. ეს კი მოგვცემს საშუალებას “არა რთულ შლეიფთან” <Ti=0.030-0.045%; N=0.01-0.015%> ერთად ვმმართოდ მომდ-ის პროცესი. აღნიშნულის დამადასტურებელი იქნება დამუშავების შემდეგ სიმტკიცის ზრდა პლასტიკურობის შენარჩუნებით, რაც ჩვენს შემთხვევაში მიიღწევა აუსტენიტის ფრაგმენტაციით და მეორადი ფაზების დისპერსიულობის გაზრდით.

გლინვის ახალი სქემები (№1 და №2) და დაკალიბრების რაციონალური – მიზანმიმართული გამოყენება საშუალება მოგვცემს სტაბილურად ვმართოდ სტრუქტურათა ფორმირების პროცესები არმატურის გლინვისას შპს “რუსთავის ფოლადის” ფოლადსადნობ და სორტსაგლინავ საამქროებში, რაც B500W-ს განხორციელების საწინდარია!

\*არსებული სტანდარტის მითითებით არა სისტემატურად, დიდ პარტიებზე, უნდა ხორციელდებოდეს გამოშვებული პროდუქციის საკონსტრუქციო სიმტკიცის დადგენა. დღევანდელი რეალობიდან გამომდინარე თდ-ს გავლენით მიღებული შრეობრივი სტრუქტურა არ იძლევა საშუალებას მზა პროდუქციიდან დამზადდეს სპეციალური ნიმუშები. აღნიშნულის გამო, მიდგომა რომელიც საშუალებას მოგვცემს მაქსიმალურად სრულად იქნეს გამოყენებული ტაივანის 100-ტონიანი კომპიუტერული დანადგარის მიერ სისტემატურად მოწოდებული მონაცემები, რომლებიც გარკვეული გადამუშავების შემდეგ დაგვაახლოებენ საკონსტრუქციო სიმტკიცესთან ძალზე აქტუალურია.

დღეს მანქანა-დანადგარის მიერ ამობეჭდილ მონაცემებიდან სისტემატურად, გამოყენებულია მხოლოდ:  $\sigma_B$  - სიმტკიცის ზღვარი, ნ/მმ<sup>2</sup>; დენადობის ზღვარი -  $\sigma_{ღ}$ , ნ/მმ<sup>2</sup>; ფარდობითი წაგრძელება -  $\gamma$ , %; ამ სამეულს ემატება ცალკე დანადგარზე განხორციელებული ღუნვაზე გამოცდის შედეგი (დადებითი ან უარყოფითი). აღნიშნულის გარდა ჩვენ, გარკვეული მეთოდიკით, ვანგარიშობთ (ან გადაგვეყვს სასურველ სიდიდეში) მანქანის მიერ ამობეჭდილი სიდიდეებიდან ფარდობითი წაგრძელების მდგენელებს  $= 1+ 2$ ;  $1-$  ფართობითი წაგრძელება თანაბარი, ყელის წარმოქმნამდე - %,  $2-$  ფართობითი წაგრძელება ყელის წარმოქმნის შემდეგ - %; ყელის ფართობით შევიწროებას, მდგენელებით  $= 1+ 2$ , %;  $1-$  ფარდობითი შემცირება ყელის წარმოქმნამდე,  $2-$  ფარდობითი შევიწროება ყელის წარმოქმნის შემდეგ - %.  $1$  და  $1$  ახასიათებენ ლითონის (მასალის) პლასტიკური დეფორმაციის უნარს, ხოლო  $2$  და  $2$  ახასიათებენ ნგრევის (რღვევის) წინააღმდეგობის უნარს. ნგრევის (რღვევის) ჭეშმარიტ წინააღმდეგობას -  $S_k$ , ნ/მმ<sup>2</sup>; რღვევის ტოტალურ ენერგიას -  $E_{Tn.მ}$ ; რღვევის ტოტალური

(ჯამური) კუთრი ენერჯია -  $a_0^T$ , ჯ/სმ<sup>2</sup>. ბოლორი იძლევა ნათელ წარმოდგენას არმატურის ხანგამძლეობაზე. აღებული მზა პროდუქციის საკონსტრუქციო სიმტკიცის დასადგენად საჭიროა გვექონდეს: დარტყმითი სიბლანტე მდგენელებით -  $a_{0.25}=a_{\beta}+a_{\gamma}$ , ჯ/სმ<sup>2</sup>; ფოლადის გამყიფების ტემპერატურული ზღურბლი -  $T_{SO}$ , ეს ის ტემპერატურაა, როდესაც დინამიკური დატვირთვის ქვეშ ლითონის რღვევისას მიიღება რელიეფი თანაფარდობით 50%/50% - მყიფე (კრისტალური) მდგენელი/ბლანტ (ბოჭკოვანი) მდგენელთან. რღვევის ენერჯიები  $E_{Tn.მ.}$ ;  $a_0^T$ , ჯ/სმ<sup>2</sup>; ბზარმედგობა  $J_{IC}$  ნ/მმ; დაღლილობა  $\sigma_{-1}$ . სულ საკონსტრუქციო სიმტკიცის დასადგენად:  $a_{0.25}=a_{\beta}+a_{\gamma}$ , ჯ/სმ<sup>2</sup>;  $T_{SO}$ ;  $S_k$ ;  $(1+2)$ ;  $=(1+2)$ ;  $J_{IC}$ ;  $E_T$ ;  $a_0^T$ ;  $\sigma_{-1}$ .

### ცნობები დისერტაციის მოცულობისა და სტრუქტურების შესახებ

დისერტაცია წარმოდგენილია 167 გვერდზე, შეიცავს 14 ცხრილს, 36 ნახატს, გამოყენებულ ლიტერატურის 97 დასახელებისაგან შედგენილ ნუსხას.

დისერტაციის სტრუქტურა ტრადიციულია: შესავალი; 1. ლიტერატურის მიმოხილვა; 2. შედეგები და მათი განხილვა; 3. ექსპერიმენტული ნაწილი; დასკვნა; გამოყენებული (ციტირებული) ლიტერატურა.

დისერტაციის სტრუქტურას ქმნის თანმიმდევრულად განლაგებული ტიტულის გვერდი - თავფურცელი, ხელმოწერების გვერდი - დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოში დისერტაციის განხილვის რეკომენდაცია, საავტორო უფლების გვერდი, რეზიუმე ქართულ ენაზე, რეზიუმე ინგლისურ ენაზე, შინაარსი, ცხრილების ნუსხა, ნახაზების (სურათების) ნუსხა, შესავალის, ლიტერატურის მიმოხილვის, შედეგებისა და მათი ძირითადი ტექსტი და გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხა.

### ინფორმაცია ნაშრომის აპრობაციის შესახებ

- სადისერტაციო ნაშრომის მასალები მოხსენებული იქნა:



საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის 83-ე საერთაშორისო კონფერენციაზე 2015 წლის ივნისს.

“უალუმინოდ, მხოლოდ <Si+ Mn>-ით არასრულად გაჯანგული ფოლადის სრულად გაჯანდვის ხერხი”

დოქტორანტი ზაზა ტაბატაძე, ხელმძღვანელი პროფესორი ვასილ კოპალეიშვილი.

• სადისერტაციო თემასთან დაკავშირებით გამოქვეყნებულია 4 (ოთხი) სამეცნიერო სტატია (2012-2015 წწ) და შექმნილია 3 (სამი) გამოგონება:

- 1) ახალი ფენომენის” გამოყენება B500W-ტიპის არმატურის საწარმოებლად
- 2) არმატურის გლინვა ახალი სქემების გამოყენებით XIII–XIV გაღებიდან, მისი ხარისხის გაუმჯობესების მიზნით შპს “რუსთავის ფოლადის” პირობებში
- 3) უალუმინოდ, მხოლოდ<Si+Mn>-ით არასრულად განჯანგული, სელექტირებული ფოლადი 3მშ-ის სრულად განჯანგვის ეკონომიური ხერხი,განკუთვნილი 100-ისუწყვეტად ჩამოსასხმელად უ.ჩ.დ-ზე
- 4). შესადუღებელი (C 0.22%; CE 0.43%), უნიფიცირებული არმატურის B500W-ს წარმოება დენადობის ზღვრით  $\sigma_{\text{ღ}}$  500ნ/მმ<sup>2</sup>ცხლადგლინულ მდგომარეობაში, თერმული დამუშავების გარეშე.
- 5)ო. ბარბაქაძე, ვ. კოპალეიშვილი, ზ. ტაბატაძე და სხვ. „ლითონური ნად-ნობის გამოდნობის ხერხი“ საიდენტიფიკაციო ნომერი 12962/01 რომელზედაც 2014-03-04-დან გაცემულია დოკუმენტური დასკვნა №155886 პატენტის გაცემის შესახებ.
- 6) ო. ბარბაქაძე, ვ. კოპალეიშვილი, ზ. ტაბატაძე და სხვ. შენადნობის ტემპერატურის საზომი თერმოწყვილი“ საიდენტიფიკაციო ნომერი 12961/01, რომელზედაც 2013-01-11-დან გაცემულია დოკუმენტური დასკვნა №142062 პატენტის გაცემის შესახებ.
- 7) ო. ბარბაქაძე, ვ. კოპალეიშვილი, ზ. ტაბატაძე და სხვ. მეტალურგიული ღუმელების მაცივებელი მოწყობილობა საიდენტიფიკაციო ნომერი 12960/01, რომელზედაც 2013-12-03-დან გაცემულია დოკუმენტური დასკვნა №152921 პატენტის გაცემის შესახებ.

## Abstract

High Temperature Thermomechanical Treatment (HTTT) change on steel showed that at optimal regime, by thermomechanical factors ( $t^0$ , %,  $m/s$ , etc.) influence, strength indicators increase and plastic properties preserved at rather high level, than at the General Heat Treatment. Also, at the same regimes, was observed improvement of corrosion resistance instead of expected reduction. Deeper researches of these processes showed that influence of Hot Plastic Deformation provides more uniform distribution of the alloying elements, than at General Heat Treatment. Lately influence of the same factors was studied on steels (20T, 40ГCMΦ, 40ГMΦ, 30ГCTЮ, 38Г1T, 40ГΦ) crack resistance at HTTT. Austenite fragmentation, dispersion increase of secondary phases, uniform distribution of alloying elements, root “Release” from alloying elements caused crack resistance increase. To the mentioned facts (important results) was added so-called “New phenomenon” complex influence. Chemical composition of alloy for the technological process (treatment) + “loop” <Ti+N+V or NB> create influence conditions of “New phenomenon” (strength indicators increase with plasticity preservation at rather high level). It is experimentally recorded and “New phenomenon” effects used at next technological processes:

- 1) Steel 10XH3M T thermocycling in 20<sup>0</sup>C – 650<sup>0</sup>C limits, in elasticity limits under acting stress, for example, load of mandrels on piercing stands (80-s of the XX century);
- 2) Production of high-strength tubing  $6s \geq 760 \text{ N/mm}^2$  from steel 40 T (2002-2004 yy);
- 3) Rolling of selected steel 3sp (C = 0,17-0,22%; Si=0,25-0,40%; Mn =0,80-0,90%; S 0,02%; P 0,02%) on bar-rolling mill with existence of “loop” <Ti+N+V  $\geq$  NB> helps us to get weldable unified rebar (C 0,22%; Ceq 0,43%) B500W with  $6s \geq 500 \text{ N/mm}^2$  in hot rolled condition, without heat treatment (2013-2015 yy).

In last years first direction has taken next appearance. On the basis of our own data, Steel 10XH3M T was changed by composition 08XH4CДMΦT. Metal graphic researches shown, that new composition has structure of Globular Bainite, which importantly changed mandrels’ resistance characteristics (1000, 1500, 1700 pipes). Everything is done at premises to make this process stably controlled.

Second direction - usage of steel 40 T to produce high-strength tubing. This direction is technically and scientifically competitive.

Third direction – usage of selected steel 3sp with “loop” to produce B500W – it is in all aspects documented direction. To provide conditions with help of sizing changes and usage of rolling new schemes, HTTT should be stably controlled and it requires more expenses, then B500W rebar production as per our project. But simultaneous usage of both will be the best: with increase of strength indicators will be increased constructive strength of finished production. This is our next level!

Nowadays, to spread the acting sphere of “New phenomenon” are mobilized all possibilities. In all compositions, which are intended for pipe instrument production, added “loop” <Ti+N+V or NB>:

1. Composition 08XH4CДMΦT intended for production of piercing stand mandrels;
2. Composition 200X20ДH5ΦT intended for production of automated stand mandrels;
3. Composition 350C1Ю2ДH5MΦT intended for production of sizing stand mandrels;
4. Composition 160X16ДH5ΦT intended for production of rolling stands rulers;

“New phenomenon” structural “release” with help of new technical possibilities, for example, usage of RAM with distinguish possibility of <50-20 A, in many aspects will help us to solve this problem. We can define our position in next way. We will repeat professor Messbauer’s known expression: different types of connecting powers “must be covered by one and the same hat!” And it was proved perfectly with next experimental results!! For us we will take Genie-Preston phases example. Formed secondary phases, root with coherent unions, provide conditions for strength high indicators (production of duralumin). Destruction of connecting powers by temperature influence, development of next coagulation processes, provides composition’s full degradation and etc. If we represent dispersal secondary phases (TiC, TiN, VC, VN and others)\*, which represent surmountable barriers, then serious delay of movement (strength increase) corresponds to existing result (strength important increase  $\Delta\sigma \geq 200-250 \text{ N/mm}^2$  and plasticity preservation at high level  $\delta=27-35\%$ ). Strength increase is followed by plasticity increase – intensive movement of dislocations. We have all required for next conclusion:

B500W successfully got through plant approbation (NN25<sup>x</sup>; 18<sup>xii</sup>; 16<sup>xiv</sup>; 12<sup>xvi</sup> mm) and it is ready for full-scale usage.