

40 АГФТ ფოლადის კვლევა

ვასილ კოპალეიშვილი, სრული პროფესორი
ირაკლი აბდუშელიშვილი, სტუ-ს დოქტორანტი
იური კვირიკაძე, სრული პროფესორი
ლევან კოტიაშვილი, აკადემიური დოქტორი
ირაკლი ქაშაკაშვილი, სრული პროფესორი



სამუშაოს მიზანს წარმოადგენდა უწყვეტად სხმული მილნამზადისაგან სანავთობე სორტამენტის უნაკერო, მაღალი სიმტკიცის მილების სანარმოებლად განკუთვნილი 40АГФТ ტიპის ფოლადის კვლევა.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის „მასალათა თვისებების სასწავლო-სამეცნიერო-კვლევითი ცენტრის“ (აღრე — „მასალათა თვისებების ლაბორატორია“) და სამსხმელო წარმოებისა და ახალი ტექნოლოგიური პროცესების მიმართულების თანამშრომლების მიერ საკუთარი და რუსთაველი მეტალურგიების მრავალწლიანი კვლევების შედეგებზე დაყრდნობით შემუშავებულია 40АГФТ ტიპის ფოლადის ქიმიური შედგენილობა (ცხრილი 1).

ცხრილი 1. 40АГФТ ტიპის ფოლადის ქიმიური შედგენილობა

ქიმიური ელემენტების შემცველობა მასურ %-ებში									
C	Si	Mn	V	Ti	N	Al	Ca≈	S≤	P≤
0,36-0,44	0,25-0,40	1,30-1,50	0,01-0,14	0,01-0,025	0,007-0,01	0,025-0,035	0,005-0,01	0,02	0,02

ჩვენ მიერ შემუშავებული 40АГФТ ტიპის ფოლადის ორი ასტონიანი დნობა (ცხრილი 2) გამოდნობილ იქნა ელექტრორკალურ ლუმელში რუსეთის ქ. ვოლგოგრადის მეტალურგიულ ქარხანაში „წითელი ოქტომბერი“. ორივე დნობამ გაიარა ლუმელგარე დამუშავება ციციხელუმელში და უწყვეტად იქნა ჩამოსხმული მრგვალი მილნამზადები დიამეტრით Ø110mm, რომელთაგანაც რუსთავის მეტალურგიული ქარხნის აგრეგატ „140-ზე“ გაიგლინა სანავთობე სორტამენტის სატუმბო-საკომპრესორო მილები ზომებით Ø73x5,5მმ და Ø89x13მმ. Ø89x13მმ ზომების მილებისაგან დამზადდა შესაბამისი ქურობები. გამოკვლეული იქნა მილის, ქუროსა და მილნამზადის ლითონი.

ცხრილი 2. ვოლგოგრადის მეტალურგიულ ქარხანაში გადმოდნობილი 40АГФТ ფოლადის ქიმიური შედგენილობა

დნობის №	ელემენტების შემცველობა, მასურ %-ებში									
	C	Si	Mn	S	P	V	Al	Ti	Ca	N
253246	0,39	0,36	1,40	0,018	0,012	0,10	0,034	0,014	0,012	0,009
253247	0,40	0,33	1,36	0,016	0,017	0,08	0,029	0,015	0,017	0,014

საკვლევი ფოლადის მექანიკური თვისებები

გამოცდები გაჭიმვაზე ჩავატარეთ სტანდარტის [1] შესაბამისად FPZ-100 მარკის გამომცდელი მანქანისა და რევერსორის გამოყენებით III ტიპის ხუთჯერად ცილინდრულ (ჰანტელის ფორმის) ნიმუშებზე ნომინალური დიამეტრებით 3 მმ და 6 მმ. გაჭიმვის პროცესი ხორციელდებოდა 3 მმ/წთ სიჩქარით გაჭიმვის მრუდის ჩანერით. ვსაზღვრავდით დენადობისა და სიმტკიცის ზღვრებს, ფარდობით წაგრძელებასა და შევიწროებას მათ შემდგენებთან ერთად, რისთვისაც გამოვიყენეთ სათანადო მეთოდები [2]. თითოეული პოზიციისათვის ვცდიდით 3 ნიმუშს და შემდეგ ვანგარიშობდით დასადგენი სიდიდეების საშუალო არითმეტიკულ მნიშვნელობებს.

როგორც მე-3 ცხრილიდან ჩანს, ცხლადგლიწული ფოლადი 40АГФТ, ქიმიური შედგენილობის ქვედა ზღვარზე (დნობა №253246), სიმტკიცისა და პლასტიკურობის მაჩვენებლებით სრულად პასუხობს უნაკერო სანავთობე მილებზე სიმტკიცის M ჯგუფის მოთხოვნებს [3,4]; სიმტკიცის ზღვარი $\sigma_s=10306/\text{მმ}^2$; დენადობის პირობითი ზღვარი $\sigma_{0,2}=7506/\text{მმ}^2$; ფარდობითი წაგრძელება (შემდგენებით) $\delta_5=13,5\%+6,9\%+6,6\%$; ფარდობითი შევიწროება $\Psi=54\%=7\%+47\%$ (შემდგენებით).

გამოცდები სისალეზე ჩავატარეთ სტანდარტის [5] შესაბამისად ТБ 5004 მარკის ბრინელის სისალის მზომით. სისალის მნიშვნელობებს ვიწერდით ანაბეჭდის გაზომილი დიამეტრის შესაბამისად ზემომითითებული სტანდარტის ცხრილებიდან. თითოეულ ნიმუშზე ვზომავდით 3-5 ანაბეჭდს და ვანგარიშობდით სისალის საშუალო არითმეტიკულ მნიშვნელობას.

ცხრილი 3. 40АГФТ ფოლადის მექანიკური თვისებები სხვადასხვა დამუშავების შემდეგ

დნობის № და ნაკეთობა	დამუშავება	მექანიკურ თვისებათა მაჩვენებლები			
		$\sigma_{0.2}$ ნ/მმ²	σ_v ნ/მმ²	$\delta_5 = \delta_1 + \delta_2$ %	$\Psi = \Psi_1 + \Psi_2$ %
253246 მილი Ø73x5,5მმ	ცხლადგლინული	750	1030	13,5=6,9+6,6	54=7+47
	ცხ.გ+ნორმალისაცია 900°C (6900°C)	690	950	11,4=6,0+5,4	53=6+47
	ცხ.გ+9000°C+მოშეება 6000°C	650	870	14,5=7,9+6,6	52=7+45
	ცხ.გ+მოშ.6000°C	640	950	14,2=7,2+7,0	62=7+55
253247 მილნაშადი	ცხლადგლინული	630	920	15=6,5+8,5	62=6+56
253247 ქურო Ø89x13მმ	ცხლადგლინული	600	900	15=8,0+7,0	61=8+53

სისალის ბრინელის HB სტანდარტის [4] მოთხოვნათა გათვალისწინებით, გადაგვყავდა ვიკერსის HV ერთეულებში ცნობარით [6].

ცხლადგლინული (კონტროლირებული გლინვის შემდეგ) 40АГФТ ფოლადის მექანიკურ თვისებათა ფორმირების საერთო კანონზომიერებას აგრეთვე კარგად ეთანადება სხვადასხვა რეჟიმით თერმულად დამუშავებული ქუროს მასალის (დნობა №253247) სისალეზე გამოცდების შედეგები (ცხრილი 4).

ცხრილი 4. 40АГФТ ფოლადის სისალე სხვადასხვა დამუშავების შემდეგ

დამუშავების სახე	სისალე	
	HB	HV
ცხლადგლინული	269	270
ცხლადგლინული+ნორმალისაცია 900°C	255	255
ცხლადგლინული+ნორმალისაცია 900°C+მოშეება 600°C	241	240
ცხლადგლინული+მოშეება 600°C	208	209

როგორც ამ ცხრილიდან ჩანს, სისალის მნიშვნელობები საკმაოდ მაღალია (209-255 HV) ფოლადის სხვადასხვაგვარი თერმული დამუშავების შემდეგაც, მაგრამ მისი მნიშვნელობა განსაკუთრებით მაღალია ცხლადგლინულ მდგომარეობაში (270 HV), რაც დაკავშირებული უნდა იყოს ცხელი პლასტიკური დეფორმაციების პროცესში ფოლადში მიმდინარე სტრუქტურულ ცვლილებებთან, განმტკიცების პროცესებთან, ფერიტისა და პერლიტში აუსტენიტიდან მემკვიდრეობით მიღებულ დეფექტებთან და ა. შ. აღსანიშნავია, რომ სისალის მნიშვნელობები შეესაბამება სტანდარტის [4] მოთხოვნებს.

გამოცდები ბზარმდეგობაზე ჩავატარეთ J-ინტეგრალის მეთოდით [7] ჩვენ მიერ შერჩეული ზომების (7x14x130მმ) და 4მმ სიღრმის მახვილი ჩანაჭრის მქონე პრიზმატული ნიმუშების გამოყენებით. თითოეულ პოზიციაზე ვცდით 5-6 ნიმუშს. მიღებული მონაცემები დამუშავებული იქნა კომპიუტერში “Microsoft XL” პროგრამით, რომლითაც შერჩეული იქნა ექსპერიმენტულ წერტილებზე გამავალი კორელაციური მრუდების საუკეთესოდ მათემატიკური მოდელი (ჩვენი მონაცემებისათვის — ექსპონენციალური) ფუნქციები და მათი შესაბამისი განტოლებები როგორც მილნაშადის ცხლადგლინული (კონტროლირებულად გაგლინული), ისე ცხელი (კონტროლირებული) გლინვის შემდეგ ნორმალისებული მასალისათვის. ამ განტოლებებში x არის ბზარის ნაზრდი, ხოლო y — J-ინტეგრალი. ცხლადგლინული მასალისათვის $y=147,29e^{0,3345x}$ და $R^2=0,8918$. ცხელი გლინვის შემდეგ ნორმალისებული მასალისათვის $y=107,96e^{0,3688x}$ და $R^2=0,9857$, სადაც R^2 არის აპროქსიმაციის უტყუარობის სიდიდე (საზომი). შერჩეული განტოლებებით ბზარის ნულოვანი ნაზრდებისათვის ($x=0$) ვიანგარიშეთ y ანუ J-ინტეგრალის J_c კრიტიკული მნიშვნელობები. მათი შემოწმების შემდეგ დადგენილი იქნა, რომ ისინი აკმაყოფილებს სათანადო პირობებს და ამდენად, 40АГФТ ფოლადის მილნაშადის ცხლადგლინული მასალისათვისაც ($J_{IC}=147$ ნ/მმ) და ცხელი გლინვის შემდეგ ნორმალისებული მასალისათვისაც ($J_{IC}=108$ ნ/მმ) ისინია ბზარმდეგობის მაჩვენებლები J_{IC} .

ჩვენი დასკვნა ასეთია:

40АГФТ ფოლადის ქიმიური შედგენილობა კარგად არის შერჩეული. იგი საშუალებას იძლევა მიღების გლინვის პროცესში კონტროლირებული გლინვის ეფექტებმა განაპირობოს სატუმბო-საკომპრესორო მილების მექანიკურ თვისებათა მაღალი კომპლექსი.

გამოყენებული ლიტერატურა

- ГОСТ 1497–84. Металлы. Методы испытаний на растяжение.
- კობალეიშვილი ვ., ქაშაკაშვილი ი., კოტიაშვილი ლ., ლოლაძე თ. პლასტიკურობის მაჩვენებლების შემდგენების განსაზღვრა ცილინდრული ნიმუშის გაჭიმვაზე გამოცდისას. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის შრომები. 2006. №2. გვ. 84-88.
- ГОСТ 633–80. Трубы насосно-компрессорные и муфты к ним. Технические условия.
- ГОСТ Р 52203–2004. Трубы насосно-компрессорные и муфты к ним. Технические условия.
- ГОСТ 9012–59. Металлы. Метод измерения твердости по Бринеллю.
- Металловедение и термическая обработка стали. Справочник. Т.1 / Под ред. Берштейна М.Л., Рахштадта А.Г. М.: Металлургия, 1989.–С. 201.
- კოტიაშვილი ლ. მცირედლევირებული

ფოლადის საკონსტრუქციო სიმტკიცის შეფასება
ბზარმდეგობის გათვალისწინებით. დისერტაცია
დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.
თბილისი. 2008. გვ. 114-119.

Summary

*V. Kopaleishvili
I. Abdushelishvili
I. Kvirikadze
L. Kotiashvili
I. Kashakashvili*

რეზიუმე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
„მასალათა თვისებების სასწავლო-სამეცნიერო-კვ-
ლევითი ცენტრის“ და „სამსხმელო წარმოებისა და
ახალი ტექნოლოგიური პროცესების მიმართულების
(კათედრის)“ თანამშრომლების მიერ შემუშავებუ-
ლია უწყვეტად სხმული მილნამზადისგან სანავთობე
სორტამენტის უნაკერო, მაღალი სიმტკიცის მილების
სანარმოებლად განკუთვნილი 40AГФТ ფოლადი და
გამოკვლეულია სხვადასხვა დამუშავების გავლენა
მის მექანიკურ თვისებებზე, მათ შორის — ბზარმე-
დეგობაზე.

Investigation of 40NMnVTi steel

Employees of “Educational-scientific-research Center
of properties of materials” and “Chair of foundry and new
technological processes” of Georgian Technical Univer-
sity developed 40NMnVTi steel designed to produce high-
strength seamless oil pipes from continuous casting billets
and investigated the effect of different treatments on its
mechanical properties, including – cracking resistance.