

Ս.Գ. ԱՂԲԱԼՅԱՆ, Ա.Ա. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ, Հ.Մ. ՍՏԵՓԱՆՅԱՆ

XBГ ՄԱԿՆԻՇԻ ՊՈՂՊԱՏԻ ՄԽՄԱՆ ԳՈՐԾՆԹԱՅԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ ՆԱԻՐԻՏԱՅԻՆ ԼԱՏԵՔՍԻ ԶՐԱՅԻՆ ԼՈՒԾՈՒՅԹՈՒՄ

Փորձի մաթեմատիկական պլանավորման մեթոդով հետազոտվել է բարձր լիամիավելիությամբ ոչ ջերմակայուն XBГ մակնիշի գործիքային պողպատի միման գործընթացը նաիրիտային լատեքսի ջրային լուծույթում, որի արդյունքում մշակվել է միման նոր միջավայր: Ցույց է տրված, որ այն լիովին կարող է փոխարինել նախկինում նույն նպատակի համար օգտագործվող յուղին:

Առանցքային բառեր. պողպատ, լատեքս, լուծույթ, միման, կարծրություն, լիամիավելիություն, մածուցիկություն, կոնցենտրացիա:

Ժամանակակից տեխնիկայի զարգացումն անմիջականորեն կապված է նոր նյութերի և տեխնոլոգիաների մշակման ու ներդրման հետ: Այս գործընթացում արտադրատեսակների ֆիզիկա-մեխանիկական հատկությունների լավացման նպատակով կարևոր նշանակություն ունի տեխնոլոգիական գործընթացների լավարկումը, մասնավորապես ջերմային մշակման կատարելագործումը:

Խնդրի լուծման եղանակներից մեկը, որը վերաբերում է արտադրանքի որակի և մեխանիկական հատկությունների բարձրացմանը, ջերմամշակման ժամանակ սառեցնող միջավայրերի ճիշտ ընտրությունն է: Այս գործընթացին ներկայացվող հիմնական պահանջներն են՝ ամրության, կարծրության և մածուցիկության ապահովումը, միման միջավայրի խնայողությունը, անվտանգությունը, նվազագույն վնասակար ազդեցությունը շրջակա միջավայրի վրա: Այն պետք է լինի արդիական, մատչելի, ունենա հուսալի հումքային բազա և, ցանկալի է, որ լինի տեղական արտադրության: Այս տեսակետից ներկայացված աշխատանքը, որի նպատակն է բարձր լիամիավելիությամբ ոչ ջերմակայուն XBГ մակնիշի գործիքային պողպատի ջերմամշակման համար նաիրիտային լատեքսի հիման վրա միման նոր միջավայրի ստեղծումը, խիստ արդիական է և հրատապ: Այն պայմանավորված է նաև նրանով, որ ՀՀ-ում առկա է այն հումքային բազան, որը կարող է միման միջավայրի համար ծառայել որպես հումք:

Ջերմային մշակման գործընթացի հետազոտությունը ցույց է տալիս, որ բարձր լիամիավելիությամբ ոչ ջերմակայուն գործիքային պողպատների ամրության, հարվածային մածուցիկության և կարծրության վրա ազդող հիմնական գործոններն են՝ միման ջերմաստիճանը (T , $^{\circ}\text{C}$), սառեցման արագությունը (V , $^{\circ}\text{C}/\text{վրկ}$), և սառեցնող միջավայրի ջերմաստիճանը (միման միջավայրի ջերմաստիճանը՝ t , $^{\circ}\text{C}$): Քանի որ սառեցման արագությունն ուղիղ համեմատական է սառեցնող միջավայրում նաիրիտային լատեքսի կոնցենտրացիային (c , %), այդ իսկ պատճառով նպատակահարմար է որպես փոփոխական վերցնել նաիրիտային լատեքսի կոնցենտրացիան ջրային լուծույթում (c , %): Կատարվել է փորձի մաթեմատիկական պլանավորում [1,2], որտեղ որպես ելքային պարամետր ընտրվել է ջերմամշակված (միման և արձակված) նմուշների կարծրությունը՝ HRC: Բոլոր փորձանմուշների արձակումը կատարվել է $180 \pm 10^{\circ}\text{C}$ ջերմաստիճանում մեկ ժամ պահմամբ:

Նախնական փորձերի հիման վրա ընտրվել է մաթեմատիկական մոդելը՝

$$HRC = K \left(\frac{T}{10} \right)^{b_1} (10 \cdot c)^{b_2} t^{b_3}, \quad (1)$$

որտեղ K -ն, b_1 -ը, b_2 -ը և b_3 -ն անհայտ գործակիցներ են, որոնք որոշվում են C++ ծրագրի միջոցով:

(1) հավասարումը լոգարիթմելուց ստանում ենք՝

$$\ln HRC = \ln K + b_1 \ln \left(\frac{T}{10} \right) + b_2 \ln(10 \cdot c) + b_3 \ln t, \quad (2)$$

$$\bar{y} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3, \quad (3)$$

որտեղ x_1 -ը, x_2 -ը և x_3 -ը համապատասխանաբար $\left(\frac{T}{10} \right)$ -ի և $(10 \cdot c)$ -ի և t -ի լոգարիթմերն են:

(1) հավասարումը լուծելու համար կիրառվել է 2^3 տիպի փորձերի կատարման իրական գործընթաց: Աղյուսակ 1 և 2-ում բերված են գործոնների մակարդակները, փոփոխման տիրույթները և դրանց կոդային մեծությունները, իսկ աղյուսակ 3 և 4-ում՝ պլանավորման մատրիցը և փորձերի արդյունքները:

Աղյուսակ 1

Գործոնների մակարդակները և փոփոխման տիրույթները

Գործոնները	Գործոնների մակարդակները			Փոփոխման տիրույթները	Չափողականությունը
	-1	0	+1		
x_1	775	850	925	75	$^{\circ}\text{C}$
x_2	0,5	1,5	2,5	1,0	%
x_3	20	50	80	30	$^{\circ}\text{C}$

Աղյուսակ 2

Գործոնների մակարդակները և նրանց կոդային մեծությունները

Գործոնները	Միման ջերմաստիճանը		Նախրիտային լատեքսի կոնցենտրացիան միման միջավայրում		Սառեցնող միջավայրի ջերմաստիճանը	
	$T, ^{\circ}\text{C}$	$\ln \left(\frac{T}{10} \right), (x_1)$	$c, \%$	$\ln(10 \cdot c), (x_2)$	$t, ^{\circ}\text{C}$	$\ln t, (x_3)$
վերին (+)	925	4,527	2,5	3,219	80	4,382
ստորին (-)	775	4,350	0,5	1,609	20	2,996
միջին (0)	850	4,443	1,5	2,708	50	3,912

Փորձերի պլանավորման մատրիցը և արդյունքները

Փորձերի թիվը մատրիցում	Փորձերի կատարման պատահական հերթականությունը	x ₁		x ₂		x ₃		y	
		կոդ	T, °C $\left(\ell n \frac{T}{10}\right)$	կոդ	c, % ($\ell n(10 \cdot c)$)	կոդ	t, °C (ℓnt)	կրկնվող փորձեր	միջին արժեք
1	1	-	775	-	0,5	-	20	65	64,0
	16	-	(4,350)	-	(1,609)	-	(2,996)	63	(4,159)
2	2	+	925	-	0,5	-	20	65	64,5
	15	+	(4,527)	-	(1,609)	-	(2,996)	64	(4,167)
3	3	-	775	+	2,5	-	20	64	63,5
	14	-	(4,350)	+	(3,219)	-	(2,996)	63	(4,151)
4	4	+	925	+	2,5	-	20	65	64,5
	13	+	(4,527)	+	(3,219)	-	(2,996)	64	(4,167)
5	5	-	775	-	0,5	+	80	62	63,0
	12	-	(4,350)	-	(1,609)	+	(4,382)	64	(4,143)
6	6	+	925	-	0,5	+	80	63,5	64,0
	11	+	(4,527)	-	(1,609)	+	(4,382)	64,5	(4,159)
7	7	-	775	+	2,5	+	80	63,5	62,5
	10	-	(4,350)	+	(3,219)	+	(4,382)	61,5	(4,135)
8	8	+	925	+	2,5	+	80	64,5	63,5
	9	+	(4,527)	+	(3,219)	+	(4,382)	62,5	(4,151)
9	-	0	850	0	1,5	0	50	66	65,5
	-	0	(4,443)	0	(2,708)	0	(3,912)	65	(4,182)

Համակարգչով խնդիրը լուծելուց հետո որոշվել են (1) բանաձևի անհայտ պարամետրերը.

$$HRC = e^{b_0} x_1^{b_1} x_2^{b_2} x_3^{b_3},$$

$$HRC = e^{b_0} \left(\frac{T}{10} \right)^{b_1} (10 \cdot c)^{b_2} t^{b_3} : \quad (4)$$

XBT մականիշի գործիքային պողպատը միտելուց հետո, ըստ աղյուսակ 2 և 3-ի տվյալների, C++ ծրագրի միջոցով որոշվել են b_0 , b_1 , b_2 , b_3 անհայտ պարամետրերը՝ $b_0=3,868640$, $b_1=0,074492$, $b_2=-0,003221$, $b_3=-0,010154$:

Արդյունքում ստացվել է հետևյալ կախվածությունը՝

$$HRC = e^{3,869} \left(\frac{T}{10} \right)^{0,074} (10 \cdot c)^{-0,003} t^{-0,010} : \quad (5)$$

Երկու փորձերի արդյունքների հիման վրա գործոնների միջակայքի յուրաքանչյուր կետում արդյունքների ցրման գծայնությունը որոշվել է

$$S^2_y = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{y}_i - \hat{y}_i)^2}{f} \quad (6)$$

բանաձևով, որտեղ $\hat{y}_i$ -ն և $\bar{y}_i$ -ը XBT մականիշի գործիքային պողպատի կարծրությունն է յուրաքանչյուր փորձի համար և նրանց միջին արժեքը, $f = (n - 1)$ - ը՝ ազատության աստիճանի թիվը, իսկ n -ը՝ կրկնված փորձերի թիվը:

Ըստ աղյուսակ 3-ի և (5) բանաձևի փորձերի ցրման հաշվման արդյունքները բերված են աղյուսակ 4-ում, որի տվյալների հիման վրա ստուգվել է ցրման շարքի համասեռությունը: y_{haw2} -ը նույնպես որոշվել է C++ ծրագրի միջոցով: Սակայն մինչև (5) բանաձևից օգտվելը անհրաժեշտ է ստուգել որոշ ցրումների նույնականությունը: Համասեռ կրկնությունների դեպքում ստուգումը կատարվում է Կոխրենի գործոնի միջոցով, որի համար որոշվում է G_{haw2} մեծությունը՝

$$G_{haw2} = \frac{S_{y_{i \max}}}{\sum_{i=1}^N S^2_{y_i}}, \quad (7)$$

որտեղ $S^2_{y_{i \max}}$ -ը շարքում ամենամեծ ցրումն է, որը համեմատվել է G մեծության հետ: Այն ընտրվում է աղյուսակից [2]՝ կախված α նշանակալիության մակարդակից (ընդունում ենք $\alpha=0,05$), ազատության աստիճանի թվից՝ $f=n-1$, և փորձերի թվից՝ N :

Ցրման շարքը համարվում է համասեռ, եթե

$$G_{haw2} < G_{աղ.} : \quad (8)$$

Այս դեպքում $\sum_{i=1}^N S^2_{y_i} = 10,5$, $S^2_{y_{i \max}} = 2$ (աղ. 4):

Ուստի, ըստ (7) բանաձևի՝ $G_{haw2} = 2/10,5 = 0,191$:

$\alpha=0,05$ -ի դեպքում և $f = (n-1) = 2 - 1 = 1$ ազատության աստիճանի թվի ու $N = 9$ փորձերի թվի հիման վրա $G_{աղ.} = 0,640$ [2]:

Քանի որ իրականանում է (8) պայմանը, այսինքն՝ $0,191 < 0,640$, ապա ցրման շարքը համասեռ է: Փորձերի հավասար քանակության ($n=2$) կրկնությունների դեպքում ցրումների նույնականությունը գնահատվել է

$$S^2_{\text{նույն.}} = \frac{n}{N-m} \sum_{j=1}^N (y_{ij} - \bar{y}_i)^2 \quad (9)$$

բանաձևով, որտեղ m -ը բազմանդամի մոտարկելիության անդամների թիվն է՝ $m=4$, (հաշված ազատ անդամը):

Փորձերի ցրման հաշվման արդյունքները (N = 9, n = 2)

Փորձի համարը	Կրկնման համարը	$\hat{y}_i$ (y)	$\bar{y}_i$ (y _{միջ.})	y_{ij} (y _{հաշ.})	$(y_{ij} - \bar{y}_i)^2$	$S^2_{y_i}$
1	1	65	64	63,9	0,01	2
	2	63				
2	1	65	64,5	64,7	0,04	0,5
	2	64				
3	1	64	63,5	63,6	0,01	0,5
	2	63				
4	1	65	64,5	64,4	0,01	0,5
	2	64				
5	1	62	63	62,9	0,01	2
	2	64				
6	1	63,5	64	63,9	0,01	0,5
	2	64,5				
7	1	63,5	62,5	62,7	0,04	2
	2	61,5				
8	1	64,5	63,5	63,4	0,01	2
	2	62,5				
9	1	66	65,5	63,6	3,61	0,5
	2	65				

$\sum 3,75$ $\sum 10,5$

Այս դեպքում (աղ. 4)՝
$$\sum_{j=1}^N (y_{ij} - \bar{y}_i)^2 = 3,75, \quad (10)$$

հետևապես՝
$$S^2_{\text{նույն.}} = \frac{2}{9-4} \cdot 3,75 = 1,5: \quad (11)$$

Քանի որ $S^2_{\text{նույն.}} > S^2_{y \text{ միջ.}}$ ($S^2_{y \text{ միջ.}} = \frac{\sum S^2_{y_i}}{N} = \frac{10,5}{9} = 1,16$), այսինքն՝

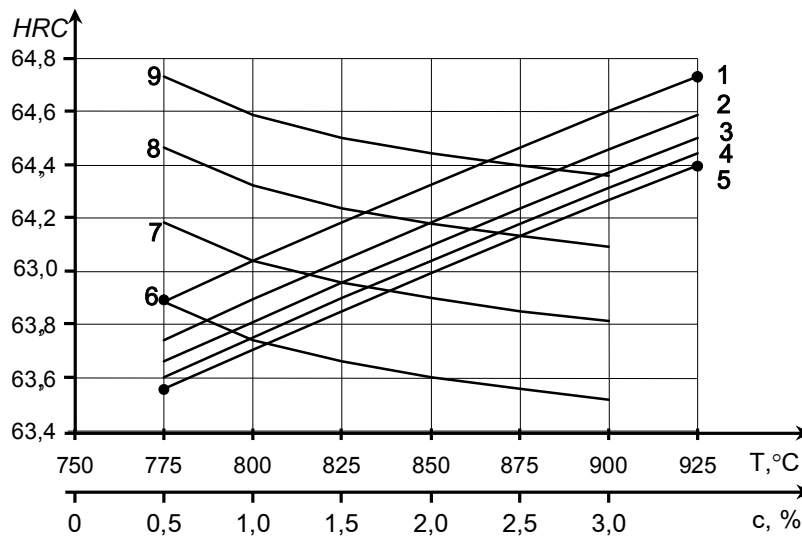
1,5 > 1,16, ապա մոդելի նույնականությունը ստուգվել է Ֆիշերի F չափանիշով, որը թույլ է տալիս ստուգել հիպոթեզի ճշմարտությունը երկու ցրումների միջև.

$$F_{\text{հաշ.}} = S^2_{\text{նույն.}} / S^2_{y \text{ միջ.}} = 1,5 / 1,16 = 1,293: \quad (12)$$

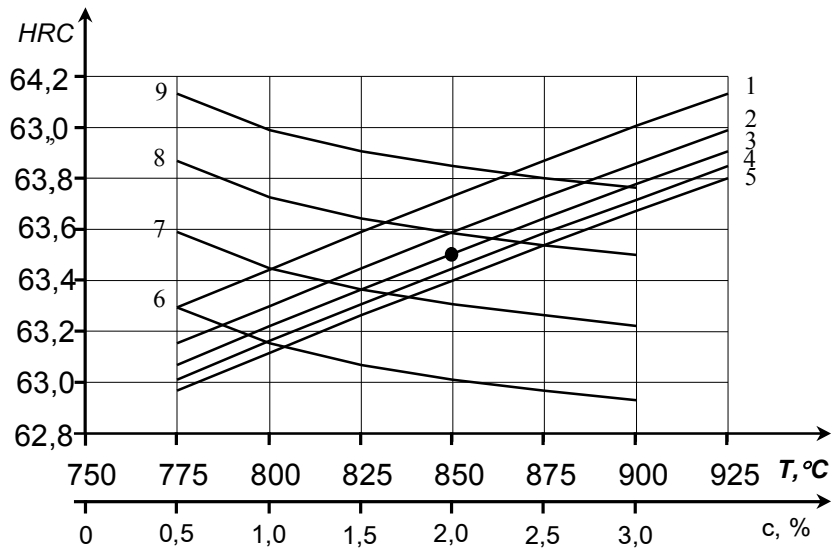
$\alpha=0,05$ նշանակալիության մակարդակի դեպքում, ազատության աստիճանի թիվը՝ $f_{նույն} = N-m = 9-5$, և $f=N(n-1)=9(2-1)=9$ հիման վրա աղյուսակային մեծությունը կլինի՝ $F_{աղ.} = 3,480$ [2]: Քանի որ $F_{հաշ.} < F_{աղ.}$, այսինքն $1,293 < 3,480$, ապա (4) հավասարումը համապատասխանում է խնդրի դրվածքին:

4-րդ մոդելի վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ փոփոխականների նշված տիրույթում կարծրությունն ուղիղ կախվածության մեջ է գտնվում միմյան ջերմաստիճանից, սառեցնող միջավայրի ջերմաստիճանից և նրա կոնցենտրացիայից: Ինչպես և սպասվում էր, կարծրության վրա ազդող հիմնական պարամետրերը միմյան ջերմաստիճանն է, այնուհետև՝ սառեցնող միջավայրի կոնցենտրացիան և նրա ջերմաստիճանը:

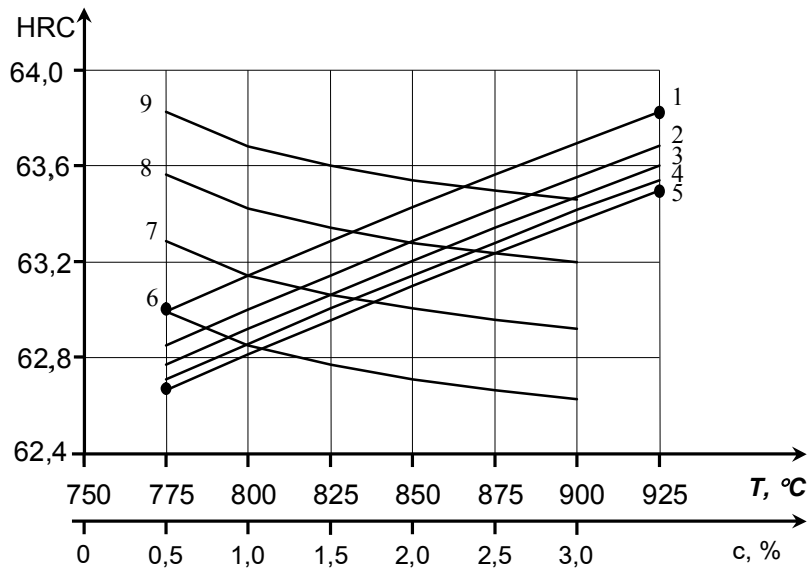
Օպտիմալացման խնդրի փորձնական պարամետրերը համընկնում են հաշվարկային արդյունքների հետ և ցույց են տրված նկ.1, 2, 3-ում, որոնց վերլուծությունը թույլ է տալիս ընտրել հետևյալ օպտիմալ ռեժիմները՝ միմյան ջերմաստիճանը՝ $T=830...850^\circ\text{C}$, սառեցնող միջավայրի ջերմաստիճանը՝ $20...30^\circ\text{C}$, սառեցնող միջավայրի կոնցենտրացիան՝ $1,0...1,5\%$:



Նկ.1. Կարծրության կախվածությունը միմյան ջերմաստիճանից և սառեցնող միջավայրի կոնցենտրացիայից, երբ $t=20^\circ\text{C}$
 1 - $c = 0,5\%$, 2 - $c = 1,0\%$, 3 - $c = 1,5\%$, 4 - $c = 2,0\%$, 5 - $c = 2,5\%$,
 6 - $T = 775^\circ\text{C}$, 7 - $T = 825^\circ\text{C}$, 8 - $T = 875^\circ\text{C}$, 9 - $T = 925^\circ\text{C}$



Նկ.2. Կարծրության կախվածությունը միսման ջերմաստիճանից և սառեցնող միջավայրի կոնցենտրացիայից, երբ $t = 50^\circ\text{C}$
 1 - $c = 0.5\%$, 2 - $c = 1.0\%$, 3 - $c = 1.5\%$, 4 - $c = 2.0\%$, 5 - $c = 2.5\%$,
 6 - $T = 775^\circ\text{C}$, 7 - $T = 825^\circ\text{C}$, 8 - $T = 875^\circ\text{C}$, 9 - $T = 925^\circ\text{C}$



Նկ.3. Կարծրության կախվածությունը միսման ջերմաստիճանից և սառեցնող միջավայրի կոնցենտրացիայից, երբ $t = 80^\circ\text{C}$
 1 - $c = 0.5\%$, 2 - $c = 1.0\%$, 3 - $c = 1.5\%$, 4 - $c = 2.0\%$, 5 - $c = 2.5\%$,
 6 - $T = 775^\circ\text{C}$, 7 - $T = 825^\circ\text{C}$, 8 - $T = 875^\circ\text{C}$, 9 - $T = 925^\circ\text{C}$

Այսպիսի ռեժիմներով ջերմամշակումից հետո պողպատի կառուցվածքը ստացվում է մանր ասեղնավոր մարտենսիտային, իսկ կարծրությունը՝ HRC=64...65 միավոր:

Կատարված համալիր հետազոտությունների հիման վրա առաջարկվում է նաիրիտային լատեքսի 1,0...1,5% ջրային լուծույթն օգտագործել որպես միման միջավայր՝ բարձր լիամիակելիությամբ ոչ ջերմակայուն ХВГ մակնիշի գործիքային պողպատի միման համար՝ նախկինում նույն նպատակի համար կիրառվող յուղի փոխարեն:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В.** Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий.-М.: Наука, 1976.-276с.
2. **Новик Ф.С., Арсов Я.Б.** Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов.-М.: Машиностроение, София: Техника, 1980.- 304 с.

ՀՊՃՀ. Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 24.09.2005:

С.Г. АГБАЛЯН, А.А. ПЕТРОСЯН, А.М. СТЕПАНИАН

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЗАКАЛКИ СТАЛИ МАРКИ ХВГ В ВОДНОМ РАСТВОРЕ НАИРИТОВОГО ЛАТЕКСА

Методом математического планирования эксперимента проведено исследование процесса закалки в водном растворе наиритового латекса для нетеплостойкой инструментальной стали повышенной прокаливаемости марки ХВГ, в результате чего разработана новая закалочная среда. Показано, что она полностью может заменить используемое для этой же цели масло.

Ключевые слова: сталь, латекс, раствор, закалка, твердость, прокаливаемость, вязкость, концентрация.

S.G. AGHBALYAN, A.A. PETROSYAN, H.M. STEPANYAN

STUDIES ON QUENCHING PROCESS OF STEEL XBГ IN AGUEOUS SOLUTION OF NAIRIT LATEX

According to methods of mathematical planning experiment the quenching process in the aqueous solution of nairit latex for heat instable tool steel with increased XBГ hardenability resulting in development of a new quenching medium is studied. It is shown that for the same purpose it can entirely replace oil used before.

Keywords: steel, latex, solution, hardness, hardenability, viscosity, concentration.