

## ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ МАГНІТНООБРОБЛЕНИХ РІЗЦІВ ЗІ ШВИДКОРІЗАЛЬНОЇ СТАЛІ

*Леонов В.Є., Скирденко В.О.,*

*ВНЗ «Херсонський державний морський інститут»*

*У статті наведено результати дослідження стійкості токарних різців з швидкорізальної сталі Р6АМ5 після магнітної обробки. Змінними параметрами обробки було прийнято величину намагніченості і тривалість витримки зразків у полі соленоїда. В результаті проведених досліджень з використанням методики багатофакторного дослідження встановлено, що з підвищенням напруженості, як і тривалості витримки різців у полі соленоїда, їх зносостійкість зростає.*

*Ключові слова: властивості, різець, магнітне поле.*

**Постановка проблеми.** Процеси впливу магнітної обробки на властивості оброблюваних матеріалів досліджувались упродовж значного проміжку часу. Так англійським вченим Гербертом ще у 1924 році відзначалося про вплив магнітного поля на фізико-механічні властивості сталей типу Р18. При зазначених дослідженнях зразок швидкорізальної сталі піддавався впливу магнітного поля напруженістю 120 кА/м, що дозволило підвищити твердість досліджуваного матеріалу.

Продовжуючи дослідження Герберта, А.В.Алексєєв встановив вплив магнітної обробки швидкорізальних сталей на їх корозійну стійкість. Він також визначив, що отриманий приріст твердості до НRC 67 зберігається і після розмагнічування зразків, однак стабілізація твердості відбувається тільки після декількох годин після обробки [1].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Цілий ряд дослідів з термомеханіко-магнітної і термомагнітної обробки сталі, з метою її зміцнення, було проведено у свій час в Інституті сталі і сплавів (Росія), в політехнічних інститутах м. Нижній Новгород і м. С-Петербургу [2, 3], а також за кордоном, зокрема у Німеччині та Болгарії [4, 5]. Цілий ряд фундаментальних досліджень із зазначеної проблеми виконані і в Україні [6, 7].

**Мета роботи** – встановити вплив магнітної обробки різців на їх зносостійкість при експлуатації у критичних умовах.

**Матеріали і методика дослідження.** Для перевірки можливостей підвищення стійкості різців із швидкорізальної сталі Р6АМ5 сконструйовано установку «Імпульс 0.65Т». Крім того, при дослідженнях використано методику багатофакторного планування експерименту на токарно-гвинторізному верстаті моделі 1М61, точність і жорсткість системи ВПД якого відповідали паспортним даним.

Оброблялися заготовлі з конструкційної сталі 45 (твердість НВ179) прохідними різцями зі швидкорізальної сталі марки Р6АМ5. Інструменти були використані з однієї партії, що дозволило зменшити вплив неоднорідності хімічного складу і структури матеріалу різців на результати

досліджень. Робочі поверхні різців заточувались і доводилися до шорсткості  $R_a = 0,16...0,08$  мкм. Геометричні параметри різальної частини різців витримувались з точністю  $\pm 30'$  і складали: головний задній кут  $\alpha = 12^\circ$ ; головний передній кут  $\gamma = 15^\circ$ ; допоміжний задній кут  $\alpha = 10^\circ$ ; головний кут в плані  $\varphi = 75^\circ$ ; допоміжний кут в плані  $\varphi = 18^\circ$ ; кут нахилу головної різальної кромки  $\lambda = 0^\circ$ ; радіус при вершині різця  $r = 0,5$  м

Критерієм затуплення слугувало спрацювання різців по задній поверхні, рівний  $h_3 = 0,5$  мм і в процесі досліджень вимірювали на мікроскопі.

Обробка заготівель проводилася без охолодження з постійними параметрами різання (подача  $S = 0,2$  мм/об, глибина різання  $t = 0,5$  мм, швидкість різання  $V = 30$  м/хв). Різці піддавалися, згідно плану експерименту, впливу магнітного поля, потім перед дослідженнями їх витримували для стабілізації на немагнітних (дерев'яних) підкладках упродовж 24 годин. Різальна частина інструментів намагнічувалася північною полярністю.

**Обговорення результатів експерименту.** Для опису, моделювання й оптимізації досліджуваного процесу у роботі були використані статистичні методи планування експерименту.

Для вивчення впливу магнітної обробки токарних прохідних різців на їх стійкість був обраний центральний композиційний ротабельний уніформплан другого порядку. Змінними величинами при рішенні задачі були прийняті: напруженість магнітного поля ( $X_1$ ) і час витримки зразків у полі соленоїда ( $X_2$ ). Діапазони зміни змінних факторів наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Кодування факторів і діапазон варіювання

Рівні змінних факторів	Змінні параметри	
	Напруженість, Т	Час витримки, с
	$X_1$	$X_2$
Основний 0	0,38	2
Верхній +1	0,505	3
Нижній -1	0,255	1
Інтервал зміни	0,125	1
«Зіркові» плечі $+\alpha = +1,414$	0,56	3,4
$-\alpha = -1,414$	0,2	0,6

Матрицю планування і результати експериментів наведено у таблиці 2. Випробування, умови якого відповідають даному рядку матриці, повторили двічі, обробляючи щоразу іншу деталь, і приймали середньоарифметичне значення часу стійкості різця до досягнення критерію затуплення  $h_3 = 0,5$  мм.

Після проведення стандартної математичної обробки експериментальних даних (розраховували коефіцієнти рівняння регресії, визначали дисперсію відтворюваності для кожного дослідження і його однорідність) виявилось, що у встановленому діапазоні зміни змінних: напруженість магнітного поля 0,2...0,56 Тл, часу витримки інструмента в полі

0,6...3,4 с, зміна стійкості різців залежно від параметрів магнітної обробки визначається рівнянням:

$$y(\tau) = 1194,47 + 550,02 X_1 + 787,46 X_2 - 795,0 X_1 \cdot X_2 + 441,26 X_1^2 + 794,73 X_2^2.$$

Таблиця 2 – Матриця планування і результати експерименту

№ досліду	Черга виконання	План в умовних кодах		План в натуральному масштабі		Стійкість різців, с	
		X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Намагніченність, Т	Час витримки, с	Y	$\bar{Y}$
1	2	+1	+1	0,505	3	3650	3730
	15					3810	
2	9	-1	+1	0,255	3	3360	2872
	5	+1	-1			2385	
3	21			0,505	1	4100	2530
	12					960	
4	14	-1	-1	0,255	1	1325	878
5		- $\alpha$	0	0,2	2		1351
6	1					430	
	13	+ $\alpha$	0	0,56	2	2430	2688
7	16					272	
	18	0	- $\alpha$	0,38	0,6	2350	
8		0	+ $\alpha$	0,38	3,4		1625
9	20	0	0	0,38	2	2845	3820
10	3	0	0	0,38	2	735	1745
11	7	0	0	0,38	2	2515	95
12	4	0	0	0,38	2	910	1510
13	19	0	0	0,38	2	6730	1630
	17					1745	990
	11					95	
	6					1510	
	10					1630	
	8					990	

Відповідно до отриманої математичної моделі процесу стійкість прохідних токарних різців із сталі Р6АМ5 можна збільшити, якщо збільшувати напруженість магнітного поля і час витримки в полі соленоїда.

Отримавши відповідну математичну модель досліджуваного процесу, можна визначити оптимальні умови, при яких значення параметру оптимізації (стійкості різців) буде найбільшим.

Зазначена задача вирішується за допомогою дослідження математичної залежності, що описує область факторного простору в дослідженому інтервалі зміни факторів (напруженість і час).

За результатами експериментів отримане наступне рівняння, що адекватно описує область факторного простору:

$$y(\tau) = 1194,47 + 550,02X_1 + 787,46X_2 - 795,0X_1 \cdot X_2 + 443,26X_1^2 + 794,73X_2^2.$$

Дослідження даного рівняння починають з обчислення канонічних коефіцієнтів. Для цього скористаємося формулою:

$$B^2 - (B_{11} + B_{22})B + (B_{11}B_{22} - 0,25B_{12}^2) = 0.$$

Після підстановки в це рівняння значень коефіцієнтів регресії:  $B_0=1194,47$ ;  $B_1=550,02$ ;  $B_2=787,46$ ;  $B_{12}=795,0$ ;  $B_{11}=443,26$ ;  $B_{22}=794,73$ , отримаємо:

$$B^2 - 1237,99B + 194265,68 = 0.$$

Рішення цього рівняння дасть значення канонічних коефіцієнтів  $B_{11} = 1053,61$  і  $B_{22} = 184,38$ .

Оскільки коефіцієнти мають однакові знаки, то поверхня відгуку буде еліптичним параболоїдом, причому знак «плюс» вказує на те, що в центрі поверхні знаходиться мінімум. У цьому випадку оптимальні умови (максимальне значення функції) будуть на границі вивченої області факторного простору. Координати центра поверхні визначимо за формулами:

$$X_{c1} = \frac{B_2 \cdot B_{12} - 2 \cdot B_1 \cdot B_{22}}{4 \cdot B_{11} \cdot B_{22} - B_{12}^2},$$

$$X_{c2} = \frac{B_1 \cdot B_{12} - 2 \cdot B_2 \cdot B_{11}}{4 \cdot B_{11} \cdot B_{22} - B_{12}^2}$$

Після підставлення значень коефіцієнтів одержуємо:

$$X_{c1} = \frac{787,46 \cdot (-795,0) - 2 \cdot 550,02 \cdot 794,73}{4 \cdot 443,26 \cdot 794,73 - (-795,0)^2} = -1,93,$$

$$X_{c2} = \frac{550,02 \cdot (-795,0) - 2 \cdot 787,46 \cdot 443,26}{4 \cdot 443,26 \cdot 794,73 - (-795,0)^2} = -1,46.$$

Знаючи координати центра, розрахуємо відповідні їм значення параметра оптимізації:

$$Y_c = 1194,47 + 550,02 \cdot (-1,93) + 787,46 \cdot (-1,46) - 795,0 \cdot (-1,93) \cdot (-1,46) + 443,26 \cdot (-1,93)^2 + 794,73 \cdot (-1,46)^2;$$

$$Y_c = 88,22.$$

Звідси рівняння поверхні відгуку в канонічній формі має такий вигляд:

$$Y - 88,22 = 1053,61 \cdot X_1^2 + 184,38 \cdot X_2^2.$$

Оптимальні значення досліджуваних факторів можуть бути встановлені побудовою перетину поверхні відгуку, застосувавши метод «руху уздовж канонічних осей». Рух здійснюється уздовж осі, канонічний коефіцієнт якої

максимальний по абсолютній величині, тобто рух здійснюється уздовж осі  $X_1$ . При цьому  $X_2=0$ , тоді рівняння поверхні здобуває наступний вид:

$$Y - 88,22 = 1053,61 \cdot X_1^2,$$

$$\text{звідси } X_1 = \pm \sqrt{\frac{Y - 88,22}{1053,61}}.$$

Перехід до кодованого значення факторів здійснюють за наступними формулами:

$$\begin{aligned} X_1 &= (X_i + X_{c1}) \cdot \cos \varphi - X_{c2} \cdot \sin \varphi, \\ X_2 &= (X_i + X_{c1}) \cdot \sin \varphi + X_{c2} \cdot \cos \varphi, \end{aligned}$$

де  $\varphi$  - кут між старою системою координат  $X_1$  і новою системою координат  $X_i$ .

Значення коефіцієнтів у формулах переходу обчислюють за формулами:

$$\begin{aligned} tq2\varphi &= \frac{B_{12}}{B_{11} - B_{22}}, \\ \cos 2\varphi &= \frac{1}{\sqrt{1 + tq^2 2\varphi}}, \\ \sin \varphi &= 0,5 \cdot (1 - \cos 2\varphi), \\ \cos \varphi &= 0,5 \cdot (1 + \cos 2\varphi). \end{aligned}$$

Після підстановки одержуємо:

$$\begin{aligned} tq2\varphi &= \frac{-795,0}{443,26 - 794,73} = 2,26, \\ \cos 2\varphi &= \frac{1}{\sqrt{1 + 2,26^2}} = 0,404, \\ \sin \varphi &= 0,5 \cdot (1 - 0,404) = 0,298, \\ \cos \varphi &= 0,5 \cdot (1 + 0,404) = 0,702, \\ \varphi &= 17^\circ 32'. \end{aligned}$$

**Висновки.** У статті наведено результати дослідження стійкості токарних різців з швидкорізальної сталі Р6АМ5 після магнітної обробки. Змінними параметрами обробки було прийнято величину намагніченості і тривалість витримки зразків у полі соленоїда. В результаті проведених досліджень з використанням методики багатофакторного дослідження встановлено, що з підвищенням напруженості, як і тривалості витримки різців у полі соленоїда, їх зносостійкість зростає.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Алексеев А. В. Магнитотермическая обработка быстрорежущей стали как новая возможность улучшения качества инструмента // Вестник металлопромышленности. – 1937. – № 17-16. – С. 118-129.
2. Барон Ю. М. Магнитно-абразивная и магнитная обработки изделий и режущих инструментов. – Л. : Машиностроение, 1986. – 172 с.
3. Барон Ю. М., Сенчило И. А. Изменение эксплуатационных характеристик поверхностей инструментов из быстрорежущих сталей в результате их перемагничивания // Труды Ленинградского политехнического института, вып. 109, 1980. – С. 177-181.
4. Димитров Л. Влияние намагниченности на режущий инструмент вверху трайностгаму. – В.кн. Научные труды. т.ХІІІ, Селскостананско машиностроения и механизация селското стананство. – София : Земиздат, 1971. – С. 65-71, 73-80.
5. Дриц (V. Drita), Дубровский (R. Dubrovsky), Вандер Верт (T. L. Vander Wert). Влияние магнитной обработки на эксплуатационные характеристики режущих инструиентов и трущихся деталей // Материалы семинара АМО'89. – София-Горький, 1989. – С. 85-97.
6. Малыгин Б. В. Магнитное упрочнение инструмента и деталей машин. - М. : Машиностроение, 1989. – 112 с.
7. Postnikov S. N. Electrophysical and Electrochemical Phenomena in Friction, lutting and Lubrication – N.Y. (a. o.) Van Nostrand Prinhold, 1978.

**Леонов В.Є., Скирденко В.О. ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ МАГНИТООБРАБОТАННЫХ РЕЗЦОВ ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ**

*В статье приводятся исследования стойкости токарных резцов из быстрорежущей стали Р6АМ5, прошедших магнитную обработку. Параметрами, которые подвергались изменению, были приняты – величина намагниченности и время выдержки резцов в поле соленоида. В результате проведенных опытов с применением методики многофакторного исследования установлено, что с повышением как напряженности, так и времени выдержки резцов в поле соленоида, их стойкость возрастает.*

*Ключевые слова: свойства, резец, магнитное поле.*

**Leonov V.E., Skirdenko V.O. RESEARCH OF RESISTANCE OF MAGNET TREATED HIGH SPEED STEEL LATHE TOOLS**

*The article presents researches of resistance of high speed steel lathe tools P6AM5 that were treated magnetically. The parameters to be changed were - magnetization value and time of storing lathe tools in the solenoid field. As a result of the experiments with the use of the method of multifactor researches it was established that their resistance grows with the increase of intensity as well as time of storing lathe tools in the solenoid field.*

*Key words: properties, lathe tool, magnetic field.*