

*Жолдошов Б.М., Бурканов Т.М.*

**КӨМҮРТЕКТҮҮ ЖАНА ТӨМӨН ЛЕГИРЛЕНГЕН БОЛОТТОРДУ  
ИШТЕТҮҮНҮН ТЕХНОЛОГИЯСЫН ИЗИЛДӨӨ**

*Жолдошов Б.М., Бурканов Т.М.*

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ УГЛЕРОДИСТЫХ  
И НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ**

*B.M. Zholdoshev, T.M. Burkanov*

**THE INVESTIGATION TECHNOLOGIES OF PROCESSING  
CARBONACEOUS AND LOW- ALLOYED STEEL**

УДК: 669.14.018.3

*Макалада инструменталдык көмүртектүү жана төмөн легирленген болотторго термоциклдик режими иштеп чыгарылган. У7 болоту үчүн термоциклдик иштетүүнү алдын ала параметрлери менен жүргүзүү максаттуу болуп эсептелет. Ал бир эле убакта бекемдүүлүк мүнөздөмөлөрүн жана ийилчекти жогорулатат.*

**Негизги сөздөр:** болот, термоциклдик, жылуулук туруктуулук, катуулук, сугаруу, түшүрүү.

*В статье разработан режим термоциклической обработки к инструментальным углеродистым и низколегированным сталям. Для стали У7 целесообразно осуществлять термоциклическую обработку. Оно позволит одновременно повысить и прочностные характеристики и пластичность. Показано, что температура окончательной закалки незначительно повлияет на конечные свойства.*

**Ключевые слова:** сталь, термоциклирование, теплоустойчивость, твердость, закалка, отпуск.

*This article touches upon the regime of thermo cyclic processing for tool carbonaceous and low-alloyed steel has been developed, for steel U7, it is advisable to carry out thermo cycling with pre- treatment parameters, It will simultaneously improve both strength characteristics and plasticity. It is shown that the temperature of the final quenching will affect the final properties slightly.*

**Key words:** steel, thermo cycling, thermal endurance, hardness, hardening, tempering.

Данные литературных источников по применению термоциклической обработки (ТЦО) к инструментальным углеродистым и низколегированным сталям практически отсутствуют, нет значений по оценке влияния режимов ТЦО на стойкость режущего или деформирующего инструмента. Известные работы [1-3] относятся к ТЦО с диффузионными фазовыми  $\gamma \rightarrow \alpha$  – переходами с целью получения зернистого перлита при смягчающем отжиге. Результаты получены на сталях У8, У10, 9ХС, ШХ15. В исследованиях [4] анализируются применительно к

стали 9ХС комбинации маятниковой ТЦО с завершающей закалкой, обработкой холодом и низким отпуском. Авторы научного исследования рекомендуют режим ТЦО, включающий пятикратные циклы  $A_{c1} + (50-70)^\circ C \leftrightarrow A_{r1} - (50-80^\circ C)$  с предварительным перегревом в первом цикле, после которых следует закалка с последнего нагрева и кратковременная (5 мин) обработка холодом. Однако данные по стойкости инструмента отсутствуют.

В предыдущих трудах [5,6] показаны эффективности использования термоциклической обработки (ТЦО) маятникового типа для повышения прочностных свойств быстрорежущих сталей (литых и пластически деформированных). Рекомендуемые режимы характеризуются достаточно большим числом термоциклов (от 8 и более), что существенно увеличивает энергозатраты и удлиняет процесс термической обработки.

Для углеродистых и низколегированных сталей из сталей марки У7 и У8 была осуществлена термоциклическая обработка, включающая предварительные закали с температуры  $P_3$  с промежуточными отпусками при  $P_0$ , окончательную закалку  $T_3$  и низкотемпературный отпуск ( $T_0 = 200^\circ C$ ). Нагрев под закалку осуществлялся в соляной ванне СВС 60/13, а промежуточный отпуск ( $\tau_0 = 8$  мин) в печи В-20. Длительность пребывания в закалочной печи составляла 4 мин. После промежуточного отпуска образцы охлаждались в воде.

Образцы  $d=5$  мм испытывались на стандартных разрывных и ударных испытательных машинах. Исследования выполнялись с использованием планируемого эксперимента  $2^{5-2}$ . Матрица планирования и результаты исследования для углеродистой стали У7 представлены в таблице 1. В ней, кроме вышеуказанных параметров, приведено обозначение:  $n$  – число промежуточных отпусков;  $m$  – число предварительных закалок.

Таблица 1

Матрица планирования и результаты механических испытаний для углеродистой стали У7

Факторы	$P_3, ^\circ\text{C}$	$P_0, ^\circ\text{C}$	$T_3, ^\circ\text{C}$	$n,$ цикл	$m,$ цикл	$\sigma_b,$ МПа	$\sigma_{0,2},$ МПа	$\delta, \%$	КСУ, МДж/м <sup>2</sup>	НВ, МПа
Код	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$					
1	780	620	780	2	2	2080	2020	2	0,190	6340
2	740	620	780	1	2	2400	2330	10	0,198	6135
3	780	620	740	1	1	2360	2330	10	0,200	6145
4	740	620	740	2	1	2260	2240	4	0,198	6500
5	780	520	780	1	1	2420	2370	10	0,195	6390
6	740	520	780	2	1	2440	2400	4	0,195	6500
7	780	520	740	2	2	2340	2320	10	0,205	6070
8	740	520	740	1	2	2350	2330	11	0,207	6160

Путем математической обработки экспериментальных значений были получены уравнения регрессии:

$$\sigma_b = 2332 - 32X_1 - 56 X_2 - 52X_4 - 38X_5, \text{ МПа} \quad (1)$$

$$\sigma_{0,2} = 2294 - 61X_2 - 48X_4 = 44X_5, \text{ МПа} \quad (2)$$

$$\delta = 7,65 - 1,15X_1 - 1,15X_2 - 2,63X_4, \%$$

$$HV = 6280 + 73X_4 - 104X_5, \text{ МПа} \quad (4)$$

Здесь:  $X_i \in [-1, 1]$ ;  $X_1 = P_3 - 760/20$ ;  $X_2 = P_0 - 570/50$ ;  $X_3 = T_3 - 760/20$ ;  $X_4 = (n - 1,5) / 2$ ;  $X_5 = (m - 1,5) / 2$ .

В таблице 2 приведены результаты статической обработки экспериментальных данных. В ней обозначено:  $S^2_y$  – дисперсия свойства У7;  $G$  – критерий Кохрена;  $F$  – критерий Фишера;  $\Delta bi$  – доверительный интервал для коэффициентов регрессии.

Таблица 2

Результаты статической обработки экспериментальных данных

Пара метры	$\sigma_b,$ МПа	$\sigma_{0,2},$ МПа	$\delta,$ %	КСУ, МДж/м <sup>2</sup>	НВ, МПа
$S^2$	4456	4953	2,25	$14 \cdot 10^{-4}$	18340
Грасч	0,561	0,365	0,44	0,435	0,349
Гтабл	0,680	0,680	0,680	0,680	0,680
$S^2_{bi}$	278,5	309,5	0,14	$9 \cdot 10^{-4}$	1184
$\Delta bi$	31	40,6	0,70	0,022	64
Грасч	4,27	3,40	4,54	0,92	179
Гтабл	7,59	3,84	7,01	3,59	3,81

Соответствующие механические свойства углеродистой стали У7 после проведенной типовой термической обработки при  $T_3 = 780^\circ\text{C}$ ,  $T_0 = 200^\circ\text{C}$  – такие:  $\sigma_b = 2080$  МПа;  $\sigma_{0,2} = 2040$  МПа;  $\delta = 4\%$ ;  $КСУ = 0,186$  МДж/м<sup>2</sup>;  $НВ = 6090$  МПа.

Из приведенных уравнений регрессии видно, что для повышения комплекса свойств стали У7 целесообразно осуществлять ТЦО с параметрами предварительной обработки, находящимся на нижнем уровне. Оно позволит одновременно повысить и прочностные характеристики и пластичность. При этом температура окончательной закалки повлияет на конечные свойства незначительно (в выбранном интервале варьирования). Учитывая вышеупомянутое, нами была термическим путем обработана партия сверл  $d = 3$  мм и вырубных пуансонов из стали У8 по режиму:  $P_3 = 740^\circ\text{C}$ ,  $P_0 = 520^\circ\text{C}$ ;  $T_3 = 760^\circ\text{C}$ ;  $T_0 = 200^\circ\text{C}$ ;  $\tau_0 = 1$  ч.

Испытания сверл и метчиков при обработке деталей из сплава АЛ2 показало повышение стойкости инструмента в 1,7 раза. Стойкость вырубных пуансонов повысилась в 2,2 раза. Это позволяет рекомендовать указанный режим обработки к более широкому применению.

**Заключение:**

Установлено, что по результатам экспериментальных данных, для повышения физико-механических свойств стали У7 необходима термоциклическая обработка с параметрами предварительной обработки, находящимся на нижнем уровне (табл. 2), практические испытания показали повышение стойкости сверла в 1,7 раза.

**Литература:**

1. Кидин И.Н. Отжиг шарикоподшипниковой ШХ15 циклической электрообработкой. [Текст] / Кидин И.Н.,

- Липчин Т.Н., Маршалкин А.Н. / Известия вузов, 1989, №4. - С.125-130.
2. Кидин И.Н., Циклическая электротермообработка конструкционной стали, [Текст] / И.Н. Кидин, Т.Н. Липчин // -В сб.: М и ТОМ. - Пермь: Пермское кн.изд., 1996. - С. 52-61.
  3. Федюкин В.К. Методы термоциклической обработки, [Текст] / Федюкин В.К., Коровайченко Ю.Н., Мельникова Н.А., Береговой В.А. - Л.: Наука, 1999. - С. 58-62.
  4. Гапонов Ю.Н. Исследование возможных способов термообработки для повышения свойств сплавов 9ХС, [Текст] / Ю.Н. Гапонов, В.Г. Марченко. / В сборнике Термоциклическая обработка металлических изделий. - Л.: Наука, 2002. - С. 118-122.
  5. Жолдошов Б.М., Муратов В.С., Турдажиева Э.Н. Уровень распределения легирующих элементов в быстрорежущих сталях [Текст]. / Муратов В.С., Турдажиева Э.Н. / Республиканский научно-теоретический журнал «Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана», Научно-технический журнал, №1. - Бишкек, 2017. - С. 42 - 44.
  6. Жолдошов Б.М. Особенности охлаждения и распада аустенита для быстрорежущей стали Р6М5 [Текст]. / Республиканский научно-теоретический журнал Известия вузов Кыргызстана, №3.- Бишкек, 2013. - С. 112-115.

Рецензент: д.т.н., профессор Кенжаев И.Г.

---