

Ле Тхань Бинь, В.И. Болобов, Г.А. Юсупов,
М.П. Мосеев

ОБРАБОТКА ХОЛОДОМ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ МАТЕРИАЛА БУРОВОГО ИНСТРУМЕНТА

Представлены результаты экспериментов по изучению влияния обработки холодом (выдержки образцов при $-75\text{ }^{\circ}\text{C}$) на основные механические свойства ($\sigma_{0,2}$, σ_B , KCV, HRC) и износостойкость буровых сталей 38ХМ и 55С2 после закалки с различной температуры. Обнаружено значительное увеличение износостойкости (на $18\div 26\%$, соответственно) при незначительном повышении прочности (на $1\div 1,1\%$) и уменьшении ударной вязкости (на $1,4\div 19\%$) образцов, подвергнутых обработке холодом, по сравнению с материалами, прошедшими обычную термическую обработку. Делается вывод, что обработка холодом может рассматриваться в качестве перспективной дополнительной операции термической обработки для увеличения износостойкости сталей, применяемых для изготовления горного рабочего инструмента – пик гидравлических молотов, буровых штанг, корпусов коронок и другого горного оборудования, работающего в условиях абразивного износа.

Ключевые слова: буровые стали, обработка холодом, термическая обработка, износостойкость.

Известно [1, 2, 3], что если точка конца мартенситного превращения M_k стали ниже комнатной температуры, то после закалки в структуре материала остается остаточный аустенит, количество которого возрастает с увеличением содержания углерода и легирующих элементов в стали (рис. 1). Чем больше их содержание, тем ниже точка M_k (рис. 2).

Присутствие в структуре материала закаленных деталей остаточного аустенита отрицательно влияет на его физико-механические свойства и сказывается, прежде всего, в понижении твердости и прочности, в ухудшении теплопроводности и магнитных характеристик. Эти свойства материалов имеют первостепенное значение для технологии машиностроения. Теплопроводность стали оказывает существенное влияние на скорость отвода теп-

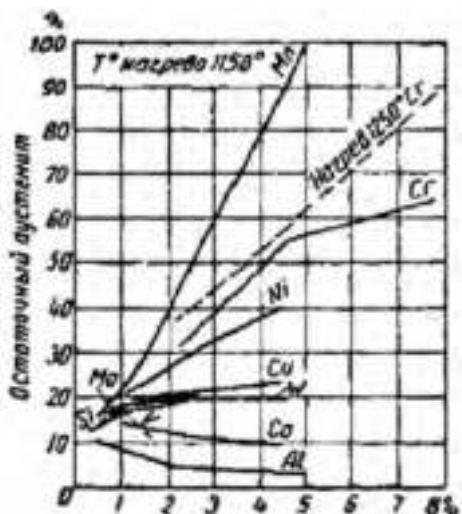


Рис. 1. З висимость количества ост точного устениит от количеств содержащих легирующих элементов [2]

ла от лезвия режущего инструмента. Опытным путем установлено, что пониженная устойчивость резцов при скоростном резании на металлообрабатывающих станках объясняется возникновением высокой температуры на лезвии, которая обусловлена плохой теплопроводностью аустенита [1].

Обработка холодом, заключающаяся в охлаждении закаленной стали ниже ее температуры M_s , способствует превращению остаточного аустенита в мартенсит, что улучшает износостойкость и механические свойства материала. Кроме этого,

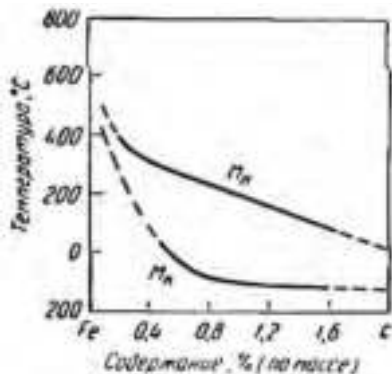


Рис. 2. З висимость точки M_s от содержания углерод [3]

Таблица 1

Влияние обработки холодом и криогенной обработки на износостойкость зарубежных инструментальных сталей

Марка стали		Обработка холодом при температуре -79 °С	Криогенная обработка при температуре -190 °С
по AISI	близкий аналог по ГОСТ	улучшение износостойкости, %	
D2	X12MФ	216	717
S7	6X4M2ФC	241	403
52100	X	95	320
O1	9XBГ	121	218
A10	—	130	164
M1	P2AM9K5	45	125
H13	4X5MФ1C	64	109
M2	P6M5	17	103
T1	P18	41	76
P20	38XM	23	30
440C	95X18	28	21

длительная выдержка при температуре значительно ниже M_{κ} , приводит к образованию при последующем отпуске стали большего количества очень мелких частиц карбида, названного η -карбидом, что также способствует улучшению эксплуатационных свойств стали [4]. Эффект от обработки холодом зависит от количества остаточного аустенита в закаленной стали и возрастает со снижением точки M_{κ} . Поэтому обработка холодом наиболее эффективна для углеродистых сталей с содержанием углерода более 0,6% и высоколегированных сталей.

Обработка холодом и криогенная обработка широко применяются в технике в качестве дополнительной операции после закалки для улучшения износостойкости инструментальных сталей [1]. Так по данным [5] (табл. 1) выдержка закаленных образцов широкого спектра легированных и быстрорежущих сталей, используемых в качестве материалов режущего инструмента и штампов холодного и горячего деформирования, приводит к существенному улучшению (до 2,5 и 7 раз, соответственно) их износостойкости (методика испытаний в [5] не приводится).

В то же время сведений о применении указанных видов обработки для повышения эксплуатационных свойств материалов горного инструмента, подвергающихся абразивному изнашиванию, в литературе не обнаружено. В настоящей работе сравнивается абразивная износостойкость и механические свойства некоторых наиболее широко используемых буровых сталей после обработки холодом с характеристиками этих материалов после обычно применяемой на практике их термической обработки и обсуждается возможность применения операции обработки холодом в горном машиностроении.

Объектом исследования являлись основные физико-механические характеристики ($\sigma_{0,2}$, σ_B , KCV, HRC) и стойкость к абразивному изнашиванию (R_w) сталей 38ХМ и 55С2, как материалов пик бурового оборудования ударного действия, на образцах после типовой для таких сталей термической обработки (закалка в масле плюс низкий или средний отпуск) и дополнительно подвергнутых обработке холодом. В последнем случае образцы непосредственно после закалки помещались в криостат с охлаждающей жидкостью с температурой -75°C , где выдерживались в течение 4 ч.

Эксперименты по определению физико-механических характеристик проводились на стандартных образцах с использованием разрывной машины Zwick/Roell Z100, маятникового копра Zwick/Roell RKP450 и твердомера Zwick/Roell ZHU. Опыты по износостойкости осуществлялись по методике ASTM G99 (метод «штифт-диск») на штифтах-образцах цилиндрической формы (диаметром 4 мм, высотой 14 мм), которые при постоянной нагрузке ($P = 40\text{ Н}$) изнашивались заданное время со скоростью 0,257 м/с по диску из электрокорунда. По результатам взвешивания образцов до и после воздействия абразива значение износостойкости рассчитывалось по формуле:

$$W_R = \rho \cdot P \cdot L/m, \text{ Н} \cdot \text{м}/\text{мм}^3 \quad (1)$$

где ρ – плотность материала штифта, г/мм³; m – убыль массы штифта в результате износа, г; L – путь изнашивания (100 м).

Значения определяемых характеристик материалов, как среднее арифметическое из результатов 3-х экспериментов, представлены в табл. 2.

Как следует из данных таблицы, обработка холодом, по сравнению с обычной термической обработкой, как и в [1, 2, 3], приводит к незначительному повышению прочностных характери-

Таблица 2

Результаты физико-механических испытаний и экспериментов по определению износостойкости образцов буровых сталей термообработанных без обработки и с обработкой холодом

Марка стали	Вид обработки	Значение параметров				
		предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	предел прочности σ_B , МПа	ударная вязкость КСВ, Дж/см ²	твердость, HRC	износостойкость R_v , Н·м/мм ³
38XM	Закалка (с 870 °С) + отпуск (200 °С)	1478	1933	40,6	51,1	69,0
	Закалка (с 870 °С) + холод + отпуск (200 °С)	1529 (+3,5%)	1953 (+1,0%)	32,9 (-19,0%)	51,6 (+1,0%)	81,9 (+18,6%)
	Закалка (с 950 °С) + отпуск (200 °С)	1486	1887	37,5	48,7	—
	Закалка (с 950 °С) + холод + отпуск (200 °С)	1486	(0,0%)	1907 (+1,1%)	33,2 (-11,5%)	49,3 (+1,2%)
55C2	Закалка (с 870 °С) + отпуск (200 °С)	*	*	5,6	59,6	97,0
	Закалка (с 870 °С) + холод + отпуск (200 °С)	*	*	4,8 (-14,3%)	60,5 (+1,5%)	122,2 (+25,9%)
	Закалка (с 870 °С) + отпуск (360 °С)	*	*	7,1	57,8	—
	Закалка (с 870 °С) + холод + отпуск (360 °С)	*	*	7,0 (-1,4%)	58,4 (+1,0%)	—
	Закалка (с 870 °С) + отпуск (460 °С)	*	*	22,3	46,9	—
	Закалка (с 870 °С) + холод + отпуск (460 °С)	*	*	19,0 (-14,8%)	47,4 (+1,1%)	—

* — хрупкое разрушение образцов в широком интервале напряжений

стик ($\sigma_{0,2}$, σ_B) и твердости испытанных материалов при одновременном снижении ударной вязкости. (Значения $\sigma_{0,2}$, σ_B стали 55С2 определить не представилось возможным, из-за большого разброса в результатах эксперимента, вызванного, как можно заключить, охрупчиванием образцов в результате термической обработки). Причем, с увеличением температур аустенизации и отпуска указанный эффект от обработки холодом снижается. Абразивная износостойкость в результате воздействия холода возрастает от 18 до 26%.

Из представленных предварительных результатов исследования можно заключить, что обработка холодом может рассматриваться в качестве перспективной дополнительной операции термической обработки для увеличения износостойкости сталей, применяемых для изготовления горного рабочего инструмента – пик гидравлических молотов, буровых штанг, корпусов коронок и другого горного оборудования, работающего в условиях абразивного износа. При этом следует найти наиболее оптимальные режимы термической обработки, при которых негативное влияние обработки холодом на ударную вязкость стали будет минимальным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Клименко А. П.* Холод в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1969. – С. 247.
2. *Чуд ков Е. А.* Машиностроение. Энциклопедический справочник. Раздел 2. Материалы машиностроения. Т. 3. – М.: ГОНТИ, 1947. – С. 341.
3. *Новиков И. И.* Теория термической обработки металлов. – М.: Металлургия, 1978. – С. 182.
4. *Collins D. N.* Deep cryogenic treatment of tool steels: A review // Heat treatment of metals. – 1996. – no 2. – pp. 40–42.
5. *Pete Paulin.* Technological gear // Gear manufacturing. – 1993. – no 3–4. – pp. 26–29. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

*Ле Тх нь Бинь*¹ – аспирант,
e-mail: binhimeme@gmail.com,

*Болобов Виктор Ив нович*¹ – доктор технических наук,
профессор, e-mail: boloboff@mail.ru,

*Юсупов Григорий Ад мб евич*¹ – аспирант,
e-mail: chuma-06@bk.ru,

*Мосеев М твей П влович*¹ – студент,

¹ Национальный минерально-сырьевой университет «Горный».

Le Thanh Binh, V.I. Bolobov, G.A. Yusupov, M.P. Moseev
**COLD TREATMENT AS A WAY
TO IMPROVE THE WEAR RESISTANCE
DRILLING TOOLS MATERIAL**

The results of experiments on the effect of cold treatment (extracts samples at $-75\text{ }^{\circ}\text{C}$) on the basic mechanical properties ($\sigma_{0,2}$, R_m , KCV, HRC) and the wear resistance of the drill steel (9255 and G41400) after quenching at different temperatures. A substantial increase in wear resistance (in $18 \div 26\%$, respectively) with a slight increase of strength ($1 \div 1,1\%$) and reduction of the toughness (in $1,4 \div 19\%$) of the samples subjected to cold treatment, compared with materials undergone a conventional heat treatment. It is concluded that the cold treatment can be considered as a promising additional step of heat treatment to increase the wear resistance of steels used for the manufacture of mining tools – the peak of hydraulic hammers, drill rods, casings crowns and other mining equipment, operating in conditions of abrasive wear.

Key words: drill steel, cold treatment, heat treatment, wear resistance.

AUTHORS

*Le Thanh Binh*¹, Graduate Student,
e-mail: binhimeme@gmail.com,

*Bolobov V.I.*¹, Doctor of Technical Sciences, Professor,
e-mail: boloboff@mail.ru,

*Jusupov G.A.*¹, Graduate Student, e-mail: chuma-06@bk.ru,
*Moseev M.P.*¹, Student,

¹ National Mineral Resource University «University of Mines»,
199106, Saint-Petersburg, Russia.

REFERENCES

1. Klimenko A. P. Kholod v mashinostroenii (Cold in engineering), Moscow, Mashinostroenie, 1969, pp. 247.
2. Chudakov E. A. *Mashinostroenie. Entsiklopedicheskiy spravochnik*. Razdel 2. Materialy mashinostroeniya. T. 3 (Mechanical Engineering. Encyclopedic Reference. Section 2. Materials of Engineering, vol. 3), Moscow, GONTI, 1947, pp. 341.
3. Novikov I. I. *Teoriya termicheskoy obrabotki metallov* (Theory of heat treatment of metals), Moscow, Metallurgiya, 1978, pp. 182.
4. Collins D. N. Deep cryogenic treatment of tool steels: A review. *Heat treatment of metals*. 1996, no 2, pp. 40–42.
5. Pete Paulin. Technological gear. *Gear manufacturing*. 1993, no 3–4, pp. 26–29.



МЫСЛИ О РОЛИ КНИГИ В ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОЦЕССАХ

Если ваша статья оказалась непонятой коллегами, то, скорее всего, она оригинальна.