УДК 669.14.018.3

Б.М. Жолдошов, В.С. Муратов, М.С. Кенис
К.х.н., доц. ОшТУ, д.тех.н., проф. Сам ГТУ, д.тех.н., проф. СамГТУ
B.M.Zholdoshov, V.S.Muratov, M.S.Keniss
c.ch.s, associate prof. OshTU, d.t.s., prof. Sam STU, d.t.s., prof. Sam STU.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ СТОЙКОСТИ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ Р18

В научной работе рассмотрена возможность использования кратных закалок из над критической и суб критической областей с целью активизации перераспределения легирующих элементов в стали, изменения дисперсности и, возможно, состава фаз при распаде твердого раствора в процессе отпуска.

Ключевые слова: термоциклические обработки, энергозатраты, испытания.

WAYS OF INCREASE OF FIRMNESS OF P18 QUICK CUTTING STEEL

In a scientific paper we consider the possibility of using multiple hardenings of the under critical and subcritical regions with a view to enhancing the redistribution of alloying elements in steel, changes in dispersion and possible composition of the phases in the decay of solid solution in the vacation.

Keywords: thermal cycling treatment, energy consumption, tests.

В научных исследованиях [1,2] показаны эффективности применения термоциклической обработки (ТЦО) маятникового типа для повышения стойкости быстрорежущих сталей (литых и пластически деформированных). Рекомендуемые режимы характеризуются достаточно большим числом термоциклов (8 и более), что существенно увеличивает энергозатраты и удлиняет процесс термообработки. С этой точки зрения представляет интерес проверить возможность использования кратных закалок из надкритической и субкритической областей с целью активизации перераспределения легирующих элементов в стали, изменения дисперсности и, возможно, состава фаз при распаде твердого раствора в процессе отпуска.

Исследование проведено с использованием экстремального планирования на сверлах из стали Р18 (0,81%C; 0,15%Si; 0,33%Mn; 3,77%Cr; 0,44%Mo; 18,25%W; 1,07%V; 0,12%Ni) диаметром 1,89 мм. На рисунке приведены исследуемые варианты термоциклической обработки. Нагрев под закалку и отпуск осуществлялся в соляных ваннах. В качестве варьируемых параметров ТЦО использованы: температура $T_н$ нагрева из субкритической области (фактор x_1); температура $T_з$ закалки из надкритической области (фактор x_2); число m $\rightarrow$ (x_3) нагревов до $T_н$ и $T_з$; температура $T_о$ отпуска $\rightarrow$ (x_4) и количество циклов отпуска n $\rightarrow$ (x_5). Ниже в таблице представлена матрица планирования 2^{5-2} линейно-экстремального плана с определяющим контрастом $x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot x_4 = 1$, $x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot x_4 = -1$ и результаты эксперимента. В качестве выходных параметров рассматривались: твердость после ТЦО при комнатной температуре НВ; теплостойкость $НВ_т$ - определена измерениями холодной твердости, для определения теплостойкости образцы после исследуемых режимов дополнительно нагревали на 4 ч до температуры 625°С, после чего измеряли твердость $НВ_т$; коэрцитивная сила H_c; максимальная магнитная проницаемость μ_{max}; индукция насыщения B_s; N- число изделий, обработанных одним сверлом.

Для сравнения с табличными данными отметим результаты испытаний для Р18, полученные после типового варианта обработки ($T_з$ = 1280 °С, $T_о$ = 560 °С, $\tau_о$ = 1ч , n = 3); НВ = 7600 МПа, $НВ_т$ = 6940 МПа, H_c = 4460 А/м, μ_{max} = 97,72, B_s = 2,92 Тл, N = 1200, шт.

По данным таблицы построены регрессионные уравнения:

$НВ = 7729 + 135x_2 + 76x_3 – 128x_4 – 98x_5 – 45x_1x_2 + 108x_2x_3$, МПа (1)

$НВ_т = 6239 + 90x_1 + 76x_2 – 279x_3 + 178x_5 + 185x_1x_2 – 182x_2x_3$, МПа (2)

$H_c = 4294 – 233x_1 + 314x_2 – 103x_3 – 103x_4 + 118x_5 + 214x_1x_2 – 86x_2x_3$, А/м (3)

$\mu_{max} = 94 – 7,4x_4 + 2,2x_5$ (4)

$B_s = 2,86 - 0,01x_1 – 0,032x_2 – 20,01x_4 – 0,029x_1x_2 – 0,01x_2x_3$, Тл (5)

$N = 2620 + 438x_1 – 432x_3 – 232x_4 + 130x_5 + 775x_1x_2$, шт. (6)

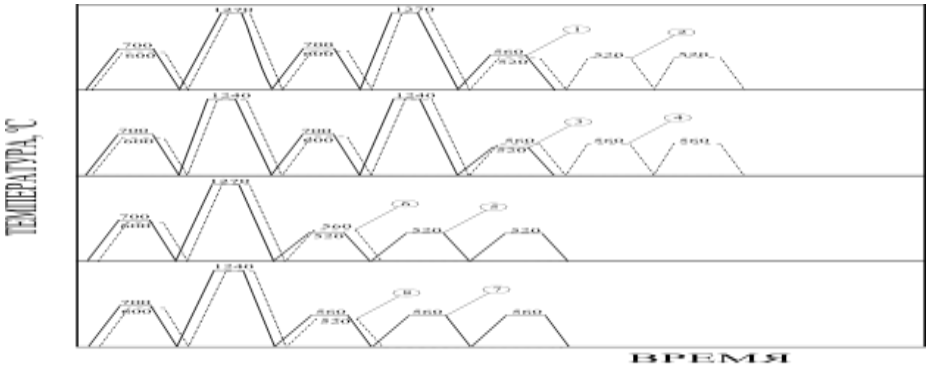
Эти уравнения построены для доверительных интервалов коэффициентов (при 0,05 уровне значимости); $\Delta b_j(НВ)$ = 65 МПа; $\Delta b_j(НВ_т)$ = 55 МПа; $\Delta b_j(H_c)$ = 22 А/м; $\Delta b_j(\mu)$ = 0,36; $\Delta b_j(B_s) = 4\cdot10^{-3}$ Тл; $\Delta b_j(N)$ = 70.

Анализ полученных табличных данных и уравнений регрессии показывает, что предварительный нагрев перед закалкой в низкотемпературной (субкритической) области с последующим ускоренным охлаждением полезен. При этом важно отметить, что для повышения стойкости N необходимо $T_н$ поддерживать на верхнем уровне. В то же время одновременно желательно повышение $T_з$ до 1270 °С при сохранении $T_о$ на нижнем уровне (520 °С), а кратность окончательного отпуска n должна быть равна 3. В целом длительность отпуска не превышала 60 мин, что в 3 раза короче типового отпуска. Из уравнения (1) видно, что взаимодействие факторов x_1x_2 весьма эффективно для увеличения стойкости инструмента, и это имеет место в то время, когда линейное слагаемое, отражающее влияние x_2 мало значимо. Сравнивая коэффициенты уравнений (1 – 6) видно, что теплостойкость инструмента коррелирует со стойкостью, однако о стойкости N по данным для $НВ_т$ следует судить с определенной осмотрительностью. Тем не менее видно, что в целом действие основных параметров и их взаимодействий одновременно повышают или понижают и $НВ_т$ и N.

Из анализа характера изменения параметров H_c, μ_{max} и B_s, из которых первые два структурно-чувствительны, а B_s – структурно нечувствительная характеристика, можно отметить следующее. При нагреве под закалку до $T_з$ растворяются карбиды, содержащие Cr и частично W и V. Чем выше $T_з$, тем, при равных условиях, выше содержание легирующих элементов в твердом растворе. В результате после закалки увеличивается количество остаточного аустенита, а при распаде мартенсита из раствора выделяются более дисперсные карбиды. Отсюда можно ожидать увеличения теплостойкости и коэрцитивной силы H_c, величина которой определится, согласно Е.И. Кондорскому, по формуле

$$H_c = \frac{к_1\delta}{2\mu_0 J_s d} v^{2/3} \quad , \qquad (7)$$

где $к_1$ – константа анизотропии, δ - толщина границы домена, J_s – намагниченность насыщения, d – размер включений в матрице, v – объемная доля включений, μ_0 - проницаемость вакуума.



Варианты термоциклической обработки стали Р18

С увеличением дисперсности выделений и роста количества $A_{ост}$ уменьшается d и увеличивается v, что приводит к росту H_c и снижению μ_c одновременно. Действие предварительного нагрева перед закалкой сводится: к снятию остаточных напряжений в поверхностных зонах после пластической деформации при изготовлении; полигонизационным процессам, конкурирующим с рекристаллизацией матрицы при закалке; к наведению дополнительных центров роста аустенита при $\alpha \rightarrow \gamma$ превращении (за счет пластической деформации при ускоренном охлаждении после низкотемпературного нагрева). В итоге предварительного нагрева до $T_н$ обеспечивается неупорядоченная перекристаллизация при $\alpha \rightarrow \gamma$-превращении. Это должно способствовать росту НВ, $НВ_т$ и N и снижению H_c.

Режим типа 5 (см. таб.) был применен при термообработке опытной партии сверл d = 10 мм из стали Р18. Параметры обработки следующие: $T_н$ = 700 °С с охлаждением в масле; $T_з$ = 1270 °С, m = 1, $T_о$ = 520 °С, τ_0 = 30 мин, n = 3 (общая длительность отпуска 1 час). Исследования показали повышение стойкости сверл в 2 раза при сверлении отверстий в стали 40Х по сравнению с типовой обработкой.

Матрица планирования и результаты испытаний стали Р18

№ п/п	Факторы					НВ, МПа	НВт, МПа	H_c, А/м	μ_{max}	B_s, Тл	N, шт
	$T_н$, °С	$T_з$, °С,	m, циклы	$T_о$, °С	n, циклы						
1	700	1270	2	560	1	7930	5990	4201	93,22	2,78	3100
2	600	1270	2	520	3	8170	5720	4652	82,70	2,84	1400
3	700	1240	2	520	1	7790	5760	3494	92.65	2,90	1890
4	600	1240	2	560	3	7340	6380	4467	111,22	2,89	2360
5	700	1270	1	520	3	7620	7190	5006	79,97	2,79	4590
6	600	1270	1	560	1	7740	6360	4632	90,25	2,88	1440
7	700	1240	1	560	3	7400	6380	3572	110,90	2,91	2650
8	600	1240	1	520	1	7850	6140	4437	91	2,85	3530

Литература:

1. Жолдошов Б.М., Муратов В.С. Разработка термоциклической обработки быстрорежущей стали, Сб.межд.науч.конф. «Прочность и разрушение материалов и конструкций», 20-22. окт. 2010. –с.110-112. Оренбург, РФ.
2. Жолдошов Б.М. Влияние температуры и времени отпуска на свойства стали Р18, «Наука и новые технологии», №6, 2011. -с.40-44.