

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СТАЛИ

Пудов В.И., Драгошанский Ю.Н., Соболев А.С.

*Институт физики металлов УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия.
pudov@imp.uran.ru*

Введение

Получение высокопрочных, устойчивых к эксплуатационным воздействиям изделий из инструментальных сталей, широко используемых в промышленности, является одной из важнейших задач металлургии. Для решения этих задач ранее был разработан ряд металлургических способов совершенствования физико-механических свойств сталей. Однако к настоящему времени эти способы практически исчерпаны, поэтому требуются новые подходы для совершенствования структуры сталей. Одно из направлений решения данных задач связано с их термомангнитной обработкой [1].

Влиянию термомангнитной обработки (ТМО) на физико-механические свойства легированных сталей, посвящено значительное количество публикаций [1–4]. Из них следует, что применение такого вида обработки не достаточно воспроизводимо и не всегда обеспечивает получение значимых для практики результатов.

Целью работы является выяснение условий повышения эффективности ТМО.

Материалы и методика эксперимента

В данной работе рассматривались изделия, изготавливаемые из быстрорежущей стали марки Р6М5. Их термомангнитную обработку осуществляли в рабочем объеме установки, обеспечивающей получение постоянных магнитных полей до 180 кА/м и температур до 1000–1200°С.

Исследования проводились в диапазоне температур, не превышающих температуру Кюри быстрорежущей стали марки Р6М5 и обеспечивающих протекание развитых диффузионных процессов и исключения процессов обезуглероживания образцов при их выдержке в условиях постоянной температуры.

В качестве исследуемых образцов были использованы: – сверла диаметром 5 мм. Данные образцы прошли стандартную термообработку при закалке 1210–1230°С с 2–5 минутной выдержкой и охлаждением в масле, отпуск 3-х кратный при температуре 540–560°С с выдержкой 1ч [5]. Их твердость по HRC не менее 63.

Образцы (сверла в комплекте из трех штук) помещались в рабочий объем соленоида установки с ориентацией их продольных осей по направлению продольной компоненты магнитного поля намагничивающей системы. Параметры режимов ТМО варьировались по температуре выдержки в диапазоне от 500 до 700°С, по времени выдержки – от 15 минут до 4-х часов. Общим в этих режимах был нагрев со скоростью 5–10°С/мин в приложенном, постоянном магнитном поле напряженностью $H \sim 65$ кА/м, выдержка в этом поле в течение определенного времени и медленное со скоростью 3–5°С/мин охлаждение в поле до температуры ~150°С, отключение поля и последующее охлаждение образца до комнатной температуры в установке.

Результативность обработки образцов из стали Р6М5 оценивалась в производственных условиях разных предприятий по изменению величины относительной износостойкости материала, которая для установленной нормы принимается за единицу.

Для всех образцов выполнялись контрольные эксперименты – дополнительная термообработка без воздействия магнитного поля при температуре и времени выдержки для найденного оптимального режима термомангнитной обработки изделий.

Экспериментальные результаты и их обсуждение

В представленной таблице приведены полученные результаты термомагнитной обработки образцов из быстрорежущей стали марки P5M5. Из их анализа следует, что оптимизация параметров износостойкости для данных метчиков обеспечивается в узком диапазоне температур $t_b = 540\text{--}560^\circ\text{C}$ и в достаточно ограниченном интервале времени выдержки τ_b , соответствующем 30–45 минут. При найденном режиме ТМО происходит повышение износостойкости данных изделий в 1,7 раза без изменения их твердости, приобретённой при стандартной термической обработке.

Таблица 1. Зависимость относительной износостойкости (условные единицы) от режима обработки в постоянном магнитном поле $H=65$ кА/м сверл $\varnothing 5$ мм из стали марки P6M5.

| Температура выдержки $t_b, ^\circ\text{C}$ | Время выдержки τ_b | | | | |
|--------------------------------------------|-------------------------|--------|------|------|------|
| | 0,2 ч. | 0,5 ч. | 1 ч. | 2 ч. | 4 ч. |
| 500 | 1,3 | 1,5 | 1,4 | 1,3 | 1,0 |
| 560* | 1,4 | 1,7* | 1,5 | 1,4 | 1,1 |
| 600 | 1,2 | 1,3 | 1,1 | 1,0 | 0,5 |
| 700 | 1,0 | 1,1 | 0,5 | | - |
| 560** | | 1,1 | - | | |

* – оптимальный режим; ** – контрольный эксперимент в отсутствии действующего магнитного поля.

Как показывают контрольные результаты (см. таблицу), дополнительная термообработка метчиков в отсутствие действующего на них магнитного поля, не приводит к повышению относительной износостойкости изделий.

Общее количество обработанных сверл, подвергнутых эксплуатационным испытаниям, составило ~ 20 штук, в том числе по оптимальному режиму ~ 10 штук. Эксплуатационная износостойкость контрольных образцов, соответствующая установленной норме ГОСТа, определяемой количеством обработанных в одном режиме деталей (3000 шт), принималась за единицу.

Сравнение результатов, полученных при ТМО сверл $\varnothing 5$ мм, с ранее полученными результатами при ТМО метчиков M5 ($\varnothing 5$ мм) из стали P6M5, показывает, что время выдержки дополнительно зависит от формы образцов, оказывающих влияние на определение оптимального режима термомагнитной обработки изделий.

В работах [2, 4] приведены результаты термомагнитной обработки образцов – сверл диаметром 6 мм, изготовленных из быстрорежущей стали марки P5M5. Их термомагнитная обработка осуществлялась после стандартной закалки при отпуске в режиме, определяемом параметрами $t_b = 560^\circ\text{C}$, $\tau_b = 1$ ч и в постоянном магнитном поле напряженностью $H \sim 1440$ кА/м. Повышение относительной износостойкости сверл в 1,5 раза получено при их испытании в условиях сквозного сверления на станке (модель 2A135) планок из стали 12ХНЗА толщиной 30 мм.

Сравнение этих результатов с полученными при обработке сверл показывает, что применение термомагнитной обработки после полного цикла стандартной термообработки изделий, дает более высокий результат повышения их относительной износостойкости при применении относительно малого магнитного поле ($H \sim 65\text{--}70$ кА/м), нежели при закалке или отпуске изделий.

На наш взгляд, механизм повышения износостойкости изделий из быстрорежущей стали связан с магнитоотрицательными процессами: диффузионного перераспределения термодинамически активного углерода и примесей P, S (см. рис. 1.) замещения в направлении приложенного магнитного поля; выделением из мартенсита и остаточного аустенита мелкодисперсных вторичных карбидов, которые преимущественно располагаясь по границам

зерен, снижают активность дислокаций, препятствуя их перемещению, а также с появлением игольчатого мартенсита наряду с пластинчатым.

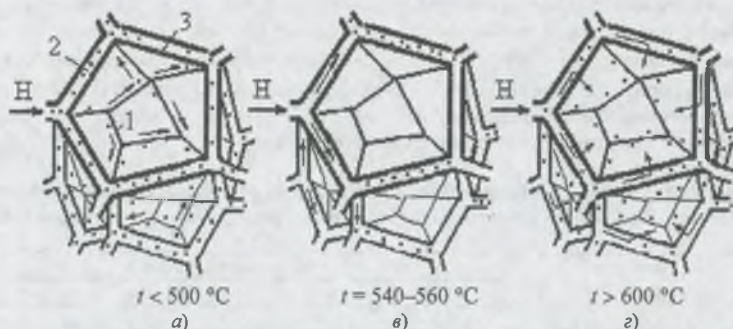


Рис. 1. Схема распределения примеси фосфора по зерну легированной стали: *a* – при ТМО в условиях диффузии по границам субзерен; *в* – по приграничному слою; *г* – в условиях перехода пограничной диффузии в объемную; 1 – граница субзерна; 2 – приграничный слой зерна; 3 – фосфор.

Заключение

Представленные результаты исследования термомангнитной обработки образцов, изготовленных из инструментальной стали марки Р6М5, показывают особенность эффекта обработки, связанную с различной степенью его проявления. Максимальный результат эффекта, изменяющего структуру материала, проявляется в узком диапазоне температуры, при определенной величине времени выдержки и магнитного поля, и зависит от размеров и конфигурации обрабатываемых изделий.

Получение оптимальных режимов ТМО обеспечивает заметное улучшение физико-механических свойств, например, износостойкости в 1,7 раза сверл диаметром 5 мм, изготовленных из быстрорежущей стали марки Р6М5..

Данные результаты дают новые представления о возможностях ТМО, открывают перспективу существенного улучшения физико-механических свойств изделий из легированных сталей без изменения их химического состава, и тем самым позволяют эффективно реализовать резервы для долговременной эксплуатации изделий.

Работа частично поддержана проектом РФФИ № 11-02-00931 и инициативным проектом УрО РАН №12-У-2-1018.

Список литературы

1. Галей М.Т., Ашехин В.Г. Изучение влияния магнитного поля на стойкость быстрорежущего инструмента. // Станки и инструменты, 1981, №6, с. 31–34.
2. Пустовойт В.Н., Блиновский В.А. Термическая обработка в магнитном поле стали Р6М5. // Металловедение и термообработка, 1983, №11, с. 52–54.
3. Мальгин Б.В. Магнитное упрочнение инструментов и деталей машин. – М.: Машиностроение, 1989. – 40 с.
4. Бернштейн М.Л., Пустовойт В.Н. Термическая обработка стальных изделий в магнитном поле. – М.: Машиностроение, 1987. – 256с.
5. Марочник сталей и сплавов. Под. ред. Сорокина В.Г. – М.: Машиностроение, 1989. – 640с.