

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СТАЛИ 5ХНВ ПОСЛЕ БОРИРОВАНИЯ

И.А. Гармаева, Б.Д. Лыгденов, А.М. Гурьев

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул, Россия

Химико-термическая обработка (ХТО) является одним из эффективных и широко применяемых в промышленности методов повышения надежности и долговечности ответственных деталей машин, инструмента и технологической оснастки. В настоящее время химико-термическая обработка имеется на любом машиностроительном предприятии, тем не менее, можно однозначно утверждать, что она делает лишь свои первые шаги, а ее возможности практически не ограничены [1]. Широкое промышленное применение получили лишь традиционные процессы насыщения: азотирование, цементация, нитроцементация, цианирование. ХТО применяют в основном с целью поверхностного упрочнения металлов и сплавов (повышает твердость, износостойкость, усталостную и коррозионно-усталостную прочность, сопротивление кавитации и т.д.). По сравнению с другими методами поверхностной обработки металлов (дробеструйный наклеп, накатка роликами, индукционная, газопламенная и электролитная закалка, лазерная обработка и т.д.) химико-термическая обработка имеет ряд существенных преимуществ:

1. Химико-термической обработке можно подвергать детали любых размеров и конфигураций. При других методах поверхностного упрочнения, например, при накатке роликами или закалке ТВЧ, размеры и особенно форма играют исключительно важную роль. Как правило, детали сложной конфигурации подвергать поверхностному упрочнению этими методами весьма сложно или вообще невозможно.

2. При химико-термической обработке достигается гораздо большее различие в свойствах сердцевины и поверхностных слоев, чем при других методах поверхностной обработки. Это обусловлено тем, что при механических и термических методах поверхностного упрочнения изменяется только строение (структура) поверхностных слоев, а при химико-термической обработке кроме того изменяются (причем весьма существенно) и их химический состав.

3. Основная опасность, реальная при всех термических методах поверхностного

упрочнения - перегрев поверхности, при химико-термической обработке или отсутствует, или может быть устранен последующей термообработкой.

В то же время химико-термической обработкой изделиям можно придать такой комплекс эксплуатационных свойств, достижения которого объемным легированием или невозможно (азотирование, борирование), или экономически невыгодно (хромирование, хромионирование и т.д.).

Поэтому можно утверждать, что широкое промышленное внедрение, особенно новых высокоэффективных процессов химико-термической обработки является важной народнохозяйственной задачей.

Целью настоящей работы было изучение структуры и свойств инструментальной штамповой стали 5ХНВ после насыщения ее поверхности бором.

Исследования проводились тремя методами: 1) методом растровой электронной микроскопии (РЭМ); 2) методом электронной дифракционной микроскопии (ПЭМ) и 3) методом рентгеноструктурного анализа (РСА). Исследование поверхности, выполненное методом РЭМ, проведено с помощью электронного микроскопа Tesla BS-301. Электронно-микроскопические исследования проведены на электронном микроскопе ЭМ-125 при ускоряющем напряжении 125 кВ. Идентификация фазового состава и определение размеров и объемной доли выделений проводилось по изображениям, подтвержденным микродифракционными картинками и темнопольными изображениями, полученными в соответствующих рефлексах.

Съемки рентгенограмм проводили на дифрактометре ДРОН-3 в монохроматическом Fe-K α излучении с автоматической записью на диаграммную ленту.

Для приготовления фольг для просмотра в электронном микроскопе из образцов на различных глубинах вырезались тонкие пластинки толщиной 0.2 – 0.3 мм на электроискровом станке. Режим вырезки был подобран таким образом, что не вносил дополнительной деформации и, следовательно, не

влият на структуру образца. Фольги полировались электролитически. Состав электролита: пересыщенный раствор ортофосфорной кислоты хромовым ангидридом. Температура электролита при приготовлении фольг составляла 30–50°C.

По снимкам, полученным в электронном микроскопе, измерялись следующие параметры: средние размеры зерен; размеры, плотность и объемные доли выделений; скалярная плотность дислокаций, амплитуда кривизны-кручения кристаллической решетки [2]. Фазовый состав диагностировался по дифракционным картинкам, полученным двумя способами: 1) рентгеновскому дифракционному анализу и 2) дифракционной электронной микроскопии.

Установлено, что карбоборид $\text{Fe}_{23}(\text{C},\text{B})_6$ присутствует в стали 5ХНВ и обнаруживается лишь методом ПЭМ. Присутствуют частицы этого карбоборида в α -фазе. В борированном слое частицы этого карбоборида имеют округлую форму и малый размер (~10 нм) и расположены на дислокациях в α -фазе. При удалении от борированной поверхности в глубь материала на расстояние, равное 80 мкм, наряду с мелкими частицами, находящимися на дислокациях, обнаруживаются также частицы, не связанные с дислокациями. Установлено, что эти частицы также

имеют округлую форму. Их размер значительно больше по сравнению с частицами, расположенными на дислокациях, и составляет величину ~60 нм. По мере дальнейшего удаления (~150 мкм) в материале присутствуют только крупные частицы карбоборида. При этом их размеры возрастают до величины ~150 нм. Возрастает и их плотность. Частицы располагаются произвольным образом: в виде цепочек, между частицами цементита в перлитных колониях, на границах зерен. При приближении к центру образца размер частиц несколько уменьшается (~130 нм). Уменьшается также и их плотность.

Вывод: Установлено, что по мере удаления от поверхности борирования концентрация атомов бора уменьшается, в то время как плотность дефектов кристаллической решетки возрастает. Это связано с удалением от равновесной структуры по мере удаления от борированной поверхности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ворошнин Л.Г., Менделеева О.Л., Сметкин В.А. Теория и технология химико-термической обработки металлов. Мн.: БНТУ, 2004, 168 с.
2. Гурьев А.М., Козлов Э.В., Игнатенко Л.Н., Попова Н.А. Физические основы термоциклического борирования сталей. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2000. – 216с.