

усталости достигает максимума при содержании железа около 1%. После проведения обработки вредная в основной массе алюминиевых сплавов примесь – железо оказалось полезной при его содержании до 1%. При этом наблюдается повышение предела выносливости с 67 до 78 МПа при базах испытаний 10^7 , прирост предела выносливости составил в среднем 25-30%.

В результате проведенных экспериментов установлен характер влияния величины процентного содержания железа, кремния и меди в исследуемых вторичных литейных сплавах. Используемые в данной работе установки [1] и методы исследований могут быть рекомендованы для оптимизации уровня усталостных характеристик конструкционных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Tsaruck, F. Method of the accelerated prediction of fatigue properties of metals at normal and heightened temperatures by results of high-frequency tests, Proceedings of III international symposium on tribofatigue ISTF 2000 / F. Tsaruck, A. Novitskiy – China; 2000. Hunan University Press. – P. 193 – 195.

2. Рязанов С.Г. Тенденции и проблемы использования вторичных алюминиевых сплавов / С.Г. Рязанов, А.А. Митяев, И.П. Волчок // Nauka i technologia – Труды VI конференции Zakopane, 2003 г., с. 99-102.

УДК 621.785.532

С. Е. Бельский, доц., канд. техн. наук;
М. Н. Пищов, доц., канд. техн. наук;
Е.Д. Кознина, студ. (БГТУ, г. Минск)

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА НАСЫЩАЮЩЕЙ СМЕСИ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ БОРИРОВАНИИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ

На основании проведенного анализа эксплуатационных повреждений деталей трансмиссий трелевочных тракторов ТТР – 401 и теоретических расчетов математической модели было установлено, что для предотвращения интенсивного изнашивания контактных поверхностей зубьев деталей конических передач переднего ведущего моста необходимо повышение поверхностной твердости до 1100 – 1200 НВ. При этом, как отмечалось, цементация, используемая в настоящее время для упрочнения зубьев данных деталей, не обеспечивает требу-

емую поверхностную твердость. В связи с этим актуально применение других методов ХТО, позволяющих получать заданную поверхностную твердость зубьев деталей и тем самым, увеличивать их износостойкость [1-2].

В настоящее время из рассмотренных методов химико-термического упрочнения наиболее высокой износостойкостью и поверхностной твердостью обладают диффузионные слои, полученные при борировании. Установлено, что при осуществлении данного процесса упрочнения в поверхностных слоях деталей формируются металлоподобные соединения (фазы FeB , Fe_2B) высокой твердости (до 20000 Н μ), что обеспечивает повышенное сопротивление изнашиванию. Рассчитанные остаточные напряжения сжатия, возникающие в поверхностных слоях после борирования, могут обеспечивать возрастание контактной и изгибной прочности упрочненных деталей. Однако борированный слой, как уже отмечалось ранее, обладает высокой хрупкостью, что затрудняет применение данного процесса для упрочнения деталей трансмиссий трелевочных тракторов [3]. Высокая хрупкость борированного слоя в результате циклических нагрузок может привести к его сколу с упрочненной контактной поверхности зубьев и попаданию в масло, в результате чего ускорится абразивное изнашивание деталей трансмиссий, вызывающее снижение их ресурса.

Для исследования структуры упрочненных комплексным борированием слоев на образцах из конструкционной стали 25ХГР использована температура насыщения в порошковых смесях 920–1100 °С, время обработки 3,0–5,0 часов. При содержании в насыщающей смеси около 5 % кремния упрочненный слой, по данным микрорентгено-спектрального анализа, состоит из боридов железа (FeB , Fe_2B) с незначительным количеством фазы Fe_2B (рисунок 1). Фаза $FeSi$ в поверхностном слое не обнаружена.

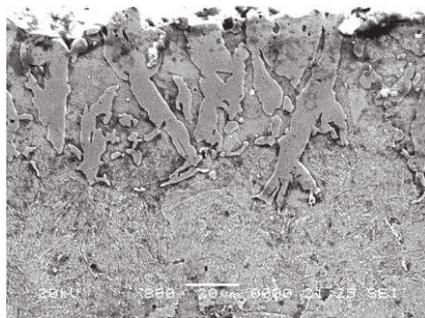


Рисунок 1 – Микроструктура поверхностного борированного слоя стали 25ХГР, полученного при $T = 920$ °С и $\tau = 3$ ч ($\times 800$)

При анализе образцов стали 25ХГР прошедших боросилицирование (состав содержит 85 % B_4C и 15 % Si) в упрочненном слое при-

сутствуют фазы FeB, Fe₂B и FeSi. Толщина упрочненного слоя при времени выдержки 3 часа и температуре 950 °С составляет 130–150 мкм (рис. 2.).

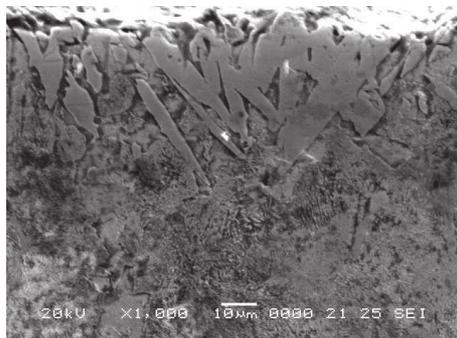


Рисунок 2 – Микроструктура поверхностного боросилицированного слоя стали 25XГР, полученного при $T = 950\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $\tau = 3\text{ ч}$ ($\times 1000$)

С возрастанием количества кремния в смеси до 20–15 % толщина упрочненного слоя при тех же температурно-временных параметрах процесса несколько снижается, составляя 110–120 мкм. При этом боридные иглы в меньшей степени проникают вглубь образца (рисунок 3). При температуре 1000 °С глубина проникновения вглубь образца фаз FeB и Fe₂B возрастают (рисунок 3), а толщина слоя при времени обработки 3 часа составляет 170–200 мкм. При использовании в насыщающей смеси 20 % кремния фазы FeB присутствует в незначительном количестве (рисунок 4).

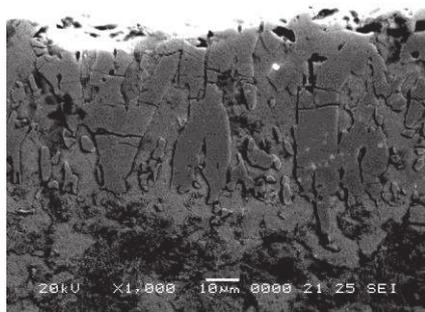


Рисунок 3 – Микроструктура поверхностного боросилицированного слоя стали 25XГР, полученного при $T = 950\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $\tau = 3\text{ ч}$ ($\times 1000$)

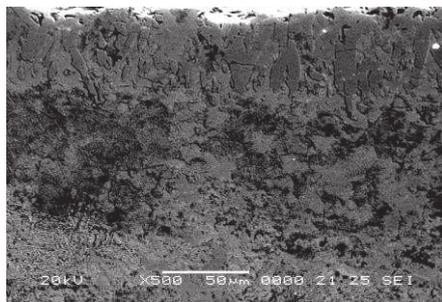


Рисунок 4 – Микроструктура поверхностного боросилицированного слоя стали 20XГР, полученного при $T = 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $\tau = 3\text{ ч}$ ($\times 500$)

При введении в состав насыщающей смеси алюминия слой при температуре упрочнения 900 °С тонкий и рыхловатый, иглы боридов, а также фаз, содержащих *Al* и *Si* глубже, чем при борировании и боросилицировании проникают внутрь. Толщина слоя примерно, равна 80–100 мкм. Следует отметить, что наличие алюминия в составе, содержащем 90 % B_4C , 5 % *Si* и 5 % *Al*, обеспечивает более интенсивную диффузию кремния по толщине слоя.

При проведении бороалюмосилицирования влияние температуры насыщения наиболее выражено. При температуре 1000 °С слой становится сплошным и плотным, содержит меньшее количество боридов. Толщина слоя примерно равна 120–140 мкм. Также следует отметить, что в слое преобладает фаза Fe_2B , отличающаяся по сравнению с фазой FeB меньшей хрупкостью.

Проведенные выше исследования показали, что наиболее перспективным для упрочнения деталей трансмиссий лесных мобильных машин представляется процесс боросилицирования, проводимый при температуре 950 °С – 1000 °С и времени насыщения 3 – 3,5 часа. При тех же температурно-временных параметрах слой при бороалюмосилицировании в 1,3 – 1,8 раза тоньше, чем при борировании и боросилицировании. Это ограничивает применение данного процесса для деталей трансмиссий трелевочных тракторов, для которых необходима толщина слоя 200-250 мкм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пищов, М.Н. Анализ причин разрушения деталей трансмиссий лесотранспортных машин / М.Н. Пищов // VII Международная межвузовская научно-техническая конференция исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления, г. Гомель, 2007 г. – Гм.: ГГТУ им. Сухого – С. 38 – 41.

2. Бельский, С.Е. Влияние структуры борированного слоя на работоспособность зубчатых передач / С.Е. Бельский, М.Н. Пищов // Международная научно-техническая конференция: материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии, г. Могилев 19 – 20 апреля 2007 г. УО «Белорусско-Российский университет» С. 38 – 39.

3. Ситкевич, М.В. Структура и свойства поверхностных слоев зубчатых передач, упрочненных комплексным борированием / М.В. Ситкевич, М.Н. Пищов, С.Е. Бельский // Технологии ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки. Материалы 10 – й международной научно-практической конференции, часть 2, Санкт-Петербург, 15 – 18 апреля 2008. – С. 346 – 353.