

УДК 634.377

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

### **ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНОГО БОРИРОВАНИЯ НА МИКРОСТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ**

В лесной промышленности предпочтение, как правило, отдается колесным машинам, созданным на базе тракторов сельскохозяйственного назначения типа МТЗ-82. Режим работы трелевочных тракторов характеризуется невысокими скоростями и значительными нагрузками на зубчатые передачи трансмиссий, что приводит к снижению их ресурса с 7500 до 3000-3500 моточасов. Причинами таких нагрузок являются постоянные трогания трактора с места при трелевке пачки деревьев, наезды на препятствия и неровности различного вида. Зубчатые передачи трансмиссий выходят из строя вследствие интенсивного изнашивания, сопровождаемого значительной пластической деформацией рабочих поверхностей. Ресурс зубчатых колес при этом сокращается в 2-2,5 раза, что вызывает необходимость проведения внеплановых ремонтов. Изнашивание в таких условиях зубчатых передач требует внеплановых ремонтов, выполняемых, как правило, в лесу. Применяемая в настоящее время для упрочнения зубчатых передач цементация не обеспечивает необходимой износостойкости их контактной поверхности. Данная проблема может быть разрешена использованием других процессов химико-термической обработки, позволяющих повысить твердость и износостойкость зубчатых колес.

Выполненные ранее исследования показали перспективность использования для упрочнения зубчатых передач трансмиссии лесных машин процессов борирования и боросилицирования [1]. Для исследования структуры упрочненных слоев на образцах из конструкционных сталей использована температура насыщения в порошковых смесях 850-1050°C; время обработки 0,5-5,0 часов.

При анализе образцов стали 25ХГТ прошедших боросилицирование (состав содержит 85 % В<sub>4</sub>С и 15 % Si) в упрочненном слое присутствуют фазы FeB, Fe<sub>2</sub>B и FeSi. Иглы боридов и боросилицидов размещаются под различными углами друг к другу. Толщина упрочненного слоя при времени выдержки 3 часа и температуре 920 °С составляет 160-170 мкм.

С возрастанием количества кремния в смеси до 20-15 % толщина упрочненного слоя при тех же температурно-временных параметрах процесса несколько снижается составляя 150-180 мкм. При этом боридные иглы в меньшей степени проникают вглубь образца.

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 950°С слой становится сплошным и плотным, содержит меньшее количество боридов. Они распределены равномерно по слою. Толщина слоя примерно равна 100–120 мкм. Также следует отметить, что в слое преобладает фаза  $Fe_2B$ , отличающаяся по сравнению с фазой *FeB* меньшей хрупкостью.

При упрочнении стали 20ХГНМ бороалюмосилицированием слой становится толще и плотнее по сравнению со сталью 25ХГТ, но иглы острее, состав боридов по глубине не изменяется. Глубина проникновения бора вглубь образца примерно такая же, как при боросилицировании.

Было установлено, что при упрочнении стали 25ХГТ боросилицированием (75 %  $B_4C$ , 25 % *Si*), упрочненный слой состоит из боридов и силицидов. При этом более мягкая фаза *FeSi* располагается сразу после более твердой фазы  $Fe_2B$ . Расположение фазы  $Fe_2B$  на поверхности упрочненного слоя способствует повышению его сопротивления изнашиванию при трении, что является необходимым условием при эксплуатации лесных машин, работающих в условиях повышенных динамических нагрузок на детали трансмиссии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бельский, С.Е. Влияние структуры борированного слоя на работоспособность зубчатых передач / С.Е. Бельский, М.Н. Пищов // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 19–20 апреля 2007 г. / Белорусско-Российский ун-т; редкол.: И.С. Сазонов [и др.]. – Могилев, 2007. Ч. 1. – С. 38–39.