

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ БОРИРОВАННОГО СЛОЯ  
НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

С.Е.БЕЛЬСКИЙ, М.Н.ПИЦОВ

Учреждение образования

«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

Минск, Беларусь

Лесная промышленность Республики Беларусь представлена лесными и лесопромышленными предприятиями, которые оснащены различной техникой: агрегатными лесосечными машинами, трелевочными тракторами, лесовозными автопоездами и другим оборудованием. Развитие сельскохозяйственного машиностроения позволило создавать лесные трелевочные машины на их базе с некоторыми изменениями в конструкции базовой машины и навесных приспособлений в силу специфических особенностей их эксплуатации. Трелевочные тракторы имеют большие принципиальные отличия от сельскохозяйственных колесных тракторов по причине оснащения их специальным технологическим оборудованием.

В настоящее время к трелевочным тракторам предъявляют высокие требования по повышению: энергонасыщенности, маневренности, проходимости, которая должна обеспечивать работу трактора на лесных грунтах. Все это ведет к усложнению конструкции трактора и понижению надежности его деталей и узлов. У трелевочных тракторов ТТР-401 наиболее часто выходят из строя редуктора переднего ведущего моста, что приводит к необходимости дополнительных ремонтов.

В связи с этим, необходимо разрабатывать новые технологии обработки зубчатых передач, которые реально позволят увеличить их срок службы. Одним из наиболее простых и доступных способов повышения поверхностной твердости, а также износостойкости деталей является их диффузионное борирование.

Процесс химико-термической обработки, заключающийся в диффузионном насыщении поверхностного слоя стали бором, при высокотемпературной выдержке в соответствующих насыщающих средах является одним из наиболее эффективных и универсальных процессов ХТО. Преимуществом данного метода является высокая твердость ( $HV=2000$ ) и износостойкость, а также надежная связь боридного слоя с основным металлом. Однако его широкому использованию препятствуют высокая температура насыщения и повышенная хрупкость темного слоя  $FeB$ , образующегося при борировании.

Обрабатываемые детали помещались в тигель и засыпались порошком. Далее производился нагрев до температуры  $950^{\circ}C$  и выдержка в те-

чение 2–3 часов. В ходе процесса активные атомы при высоких температурах проникают в кристаллическую решетку металла, образуя растворы внедрения или замещения.

При борировании деталей в первую очередь стремились к образованию однофазного слоя  $Fe_2B$ . В случае образования двухфазного слоя он состоит из насыщенного бором темного слоя FeB и лежащего глубже светлого слоя  $Fe_2B$ . Хотя слой FeB лишь немного тверже слоя  $Fe_2B$ , он гораздо более хрупкий. Поэтому всеми способами добиваются формирования однофазного слоя  $Fe_2B$ . Если формирование FeB неизбежно, стремились, чтобы не образовывались состоящие только из него области.

Проведенные исследования показали, что структура и рост слоя боридов зависят не только от условий борирования, но и в значительной степени от химического состава стали, из которой изготовлены детали. Наилучшая связь слоя боридов с основным материалом имеет место в случае нелегированной или малолегированной стали. Большое содержание хрома, ванадия, вольфрама и молибдена, а также углерода ограничивает рост общей толщины слоя и снижает его зазубренность, что отрицательно сказывается на связи между слоем боридов и основным металлом. Уменьшение общей толщины слоя (глубины проникновения боридных игл) происходит быстрее, чем уменьшение толщины сплошного слоя боридов, поэтому с ростом содержания углерода в стали компактность слоя растет, а его игольчатость уменьшается.

Как уже отмечалось преимуществом данного метода является высокая твердость и износостойкость боридного слоя. Однако износостойкость слоя в первую очередь зависит от его фазового состава и содержания в металле углерода. Проведенные испытания установили, что углерод уменьшает износостойкость двухфазного боридного слоя и увеличивает однофазного. Снижение износостойкости двухфазного боридного слоя при увеличении содержания в стали углерода объясняется уменьшением в нем содержания высокобористой (FeB) фазы. Возрастание износостойкости однофазного боридного слоя можно отнести за счет увеличения его сплошности при увеличении содержания углерода в стали и изменения величины и характера распределения остаточных напряжений, что как показали результаты испытаний повышает работоспособность тяжело нагруженных зубчатых передач.

Хотя борирование – относительно новый процесс, простота метода привела к тому, что области его применения постоянно расширяются. С учетом особенностей эксплуатации и причин выхода из строя ответственных деталей лесных машин, применение борирования обеспечивает повышение их ресурса, а также использование для их изготовления более дешевых конструкционных сталей.