

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОДОЗНОЙ ИОННОЙ ИМПЛАНТАЦИИ НА ДЕФОРМАЦИОННОЕ ПОВЕДЕНИЕ СТАЛИ 45 ПРИ ТРЕНИИ

Гриценко Б. П., Кашин О. А.

Институт физики прочности и материаловедения РАН СО, Томск, Россия.

gritsenko@ispms.tsc.ru

Известно, что высокодозная ионная имплантация является эффективным способом повышения износостойкости трибологических пар. Несмотря на достаточно большое количество работ в этой области, до сих пор остается открытым вопрос, чем же определяется столь высокое (в 5-10 и более раз) повышение износостойкости трибологических пар после ионной имплантации. Образование новых фаз, таких как карбиды, нитриды и др., снижение коэффициента трения при легировании определенными элементами и измельчение структуры при ионной имплантации может приводить к повышению износостойкости. Однако, толщина модифицированных слоев, как правило, составляет около 100 нм, поэтому они достаточно быстро уносятся при трении. С точки зрения выяснения механизма повышения износостойкости материалов, после ионной имплантации имеет смысл сравнить деформационные процессы, происходящие при трении в исходных и ионно-имплантированных образцах.

В настоящей работе проведены исследования по влиянию высокодозной ионной имплантации на деформационное поведение и разрушение стали 45 и α -железа при трении. Для имплантации образцов использовали технологический ускоритель ионов "ДИАНА-2". Режим работы ускорителя – частотно-импульсный; ускоряющее напряжение 60 кВ, флюенс для всех образцов составлял 10^{17} ион/см². Имплантацию проводили ионами Fe, Pb, Mo и Si. Эти элементы при имплантации формируют в материале мишени различные структурно-фазовые состояния.

Испытания на трение выполняли в режиме граничной смазки при умеренных нагрузках (1-5 МПа). В качестве контртела применяли сталь ШХ15. Изучение деформационных процессов проводили на металлографических шлифах, плоскости которых проходили через пятно контакта и были ориентированы перпендикулярно поверхности трения и параллельно направлению движения образцов по контртелу. Такая схема позволила проследить изменение микроструктуры в объеме материала.

Кинетические кривые изнашивания образцов имели классический вид в виде двух стадий. Первая стадия быстрого изнашивания – стадия приработки, и вторая стадия – стадия установившегося изнашивания. Ионная имплантация оказывала наиболее сильное влияние на износостойкость на первой стадии. Разные имплантированные элементы влияли на величину износа с различной эффективностью. Потери веса образцов стали 45 при трении к окончанию первой стадии, по сравнению с таковым для не имплантированных образцов, уменьшилась при имплантации ионами Fe примерно в 6 раз, Pb – в 13, Mo – в 18 раз. В случае имплантации ионов Si износ оказался настолько мал, что при использованной методике измерений его зафиксировать не удалось. Аналогичные результаты получили и при имплантации ионами железа образцов α -железа: износ имплантированных образцов уменьшился в 5 раз по сравнению с не имплантирован-

ными. На стадии установившегося изнашивания ионная имплантация не оказывала существенного влияния на износостойкие свойства стали 45 и α -железа.

Проведено изучение влияния акустических колебаний, возникающих в самой трибосистеме в процессе трения, на износостойкость стали 45 и α -железа. Для изменения условий распространения акустических колебаний в образце использовали закрепление образцов и контртела на испытательной машине через демпфирующие прокладки. Использование демпферов так же, как и ионная имплантация, приводило к снижению абсолютной величины износа к окончанию стадии приработки для обоих исследованных материалов. Для исходных образцов стали 45 величина износа уменьшилась примерно в 2 раза, для α -железа в 4 раза. На стадии установившегося изнашивания использование демпферов не оказывало существенного влияния на износостойкость. Аналогичным образом изменение условий распространения акустических колебаний влияло и на изнашивание имплантированных образцов.

Металлографические исследования образцов стали 45 и α -железа после испытаний на трение показали, что в приповерхностном слое интенсивно развиваются деформационные процессы, наблюдается фрагментация структуры материалов на мезоуровне. Ионная имплантация и условия распространения акустических колебаний оказывают существенное влияние на развитие этих процессов. Ионная имплантация образцов стали 45 ионами железа приводила к уменьшению деформации приповерхностных слоев. При имплантации ионов кремния и молибдена деформация настолько уменьшалась, что на металлографических снимках ее не было видно.

На основании полученных экспериментальных результатов сформулировано предположение о том, что процессы деформации и изнашивания при трении в исследованных условиях в значительной степени определяются объемными и поверхностными акустическими колебаниями возникающими в самой трибосистеме. Изменение микроструктуры приповерхностных слоев в процессе трения, либо предварительно, за счет ионной имплантации снижает интенсивность акустических колебаний генерируемых трибосистемой, и это приводит к уменьшению изнашивания материалов.

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ НА ПРОЧНОСТЬ И ХЛАДОСТОЙКОСТЬ СТАЛИ F40CB УЛУЧШЕННОЙ СВАРИВАЕМОСТИ

Гуськов О. П., Мотовилина Г. Д., Хлусова Е. И.

*ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей», Санкт-Петербург, Россия
vvv@prometey2.spb.su*

В связи со строительством нефтегазовых платформ и обслуживающих сооружений на шельфе северных морей возросла потребность в производстве листового проката из хладостойких хорошо свариваемых сталей повышенной прочности различной толщины.

Повышение свариваемости, в первую очередь, достигается снижением содержания углерода, являющегося основным упрочняющим элементом. При этом для обеспечения прочности и хладостойкости необходима количественная оценка взаимосвязи формируемой структуры и свойств стали.