

величину коэффициента K_1 , который прямо пропорционально влияет на величину износа пары трения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зорин В. А. Основы долговечности строительных и дорожных машин. М.: Машиностроение, 1986, 248 с.
2. Зорин А.А. Российская энциклопедия самоходной техники. Основы эксплуатации и ремонта самоходных машин и механизмов / В.А. Зорин, А.П. Севастьянов, В.А. Сеницын. –М.: Изд-во МАДИ, 2001. 767 с.
3. Икрамов У.А. Расчетные методы оценки абразивного износа. М.: Машиностроение, 1987, 282 с.
4. Машиностроительный гидропривод. Под ред. Прокофьева В.Н., М.: Машиностроение. 1978. 495 с.
5. Гурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. Киев.: Техника, 1977, 479 с.

УДК 621.869.98

А.В. ЩУКИН, аспирант.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

СНИЖЕНИЕ ИЗНОСА РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗЕМЛЕРОЙНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

Актуальность проблемы. Большое количество отказов (до 80%) землеройно-транспортных машин (ЗТМ) обусловлено интенсивным износом их режущих элементов [1]. Это приводит к снижению функциональных качеств и производительности машин и как следствие, к повышению энергозатрат и себестоимости разработки грунта.

Известно, что рабочие органы (РО) ЗТМ при эксплуатации подвергаются интенсивному изнашиванию [1, 2 и др.]. Это обусловлено тем, что ЗТМ разрабатывают плотную слежавшуюся массу грунта, который представляет собой полидисперсную систему глобулярного типа, состоящую из наполнителя и абразивных частиц [2]. Последние обладают большей, чем металл, твердостью, это приводит к абразивному износу поверхности режущих элементов, которые контактируют с такими частицами.

Анализ публикаций. Как показывают результаты исследований ЗТМ, РО их в значительной мере подвержены интенсивному абразивному изнашиванию [1, 2]. В этой связи актуальной задачей является повышение износостойкости режущих элементов ЗТМ. При этом в первую очередь необходимо сохранить первоначальную форму режущих элементов, что обеспечит оптимальные режимы работы машины, то есть требуемую ее производительность и расхода энергии [3].

Одним из основных свойств, влияющих на износостойкость металлов, является их твердость, однако, единого мнения исследователей на этот счет нет. Это связано с тем, что твердость не что иное, как функция изменения силы межатомных связей из-за разной концентрации напряжения при различных видах обработки [4]. Так например, повышение твердости, полученное за счет наклепа, не всегда увеличивает, а иногда даже снижает износостойкость [5]. В то же время охрупчивание поверхностных слоев приводит к изменению механизма изнашивания, в связи с чем увеличивается скорость изнашивания [6]

Авторы работы [3] считают, что износостойкость повышается с увеличением содержания углерода для всех структурных состояний. При этом наибольший эффект оказывает наличие в сплаве мелких карбидов, которые равномерно располагаются в виде мелкой сетки [7]. К тому же данные исследований [8] свидетельствуют о том, что относительно большей износостойкостью обладает мелкозернистый материал, чем крупнозернистый. При этом мелкозернистая структура стали обеспечивает довольно высокую ударную вязкость [9]. Для повышения износостойкости сталей их легируют дорогостоящими материалами: хромом, никелем, марганцем, молибденом, вольфрамом. Такие легирующие элементы образуют химические соединения с углеродом и твердые растворы с железом, обладающие весьма высокой твердостью и износостойкостью.

Из методов поверхностного упрочнения стоит выделить две наиболее применяемых группы: механическая и химико-термическая обработка. Наиболее простым методом повышения долговечности ЗТМ является механическая обработка, которая заключается в обкатке роликами или обдвке дробью. Эти способы значительно повышают предел выносливости, но незначительно повышают износостойкость РО и по этой причине не могут разрешить поставленной задачи по увеличению долговечности режущих элементов.

Способы химико-термической обработки в значительной степени могут повысить износостойкость РО и обеспечить им необходимые физико-механические свойства. Однако, после такого рода обработки износ режущих элементов ЗТМ происходит более

интенсивно, и они не подлежат восстановлению [2, 3]. К тому же наиболее значимый недостаток таких способов – недостаточная адгезия тонкого слоя со структурой основного металла, поэтому в результате эксплуатации наблюдаются срывы насыщенных слоев с поверхности детали.

Повысить износостойкость РО ЗТМ возможно за счет применения наплавки. Однако, существующие на сегодняшний день способы получения наплавки не всегда эффективны, поскольку наплавка скалывается, не имея прочного сцепления с металлом основной детали [9]. Кроме того, наблюдается неоднородность износа наплавленных поверхностей, что объясняется неравномерностью распределения карбидов. К тому же доля механической обработки наплавленного слоя составляет 75% от общей трудоемкости наплавки.

Цель и задачи исследований. Цель работы – уменьшить износ режущих элементов ЗТМ путем нанесения на их поверхность ионно-плазменного покрытия составом TiN-Cr₂N.

Для достижения настоящей цели были поставлены следующие задачи:

- разработать и изготовить малогабаритную лабораторную установку, которая позволит имитировать работу реального РО в условиях интенсивного абразивного изнашивания;

- провести испытания фрагментов режущего элемента РО ЗТМ, в частности фрагментов ножа автогрейдера, одни из которых являются штатными (закалка ТВЧ), а на другие нанесено покрытие TiN-Cr₂N;

- установить закономерность изменения износа фрагментов ножа автогрейдера с ТВЧ и TiN-Cr₂N во времени;

- оценить количественные характеристики снижения износа фрагментов ножа в результате проведения лабораторных испытаний на малогабаритной установке.

Основная часть. Изнашивание режущих элементов ЗТМ сложный процесс, обусловленный большим количеством разнообразных факторов. На сегодняшний день ни одна из известных машин трения не позволяет испытывать реальные ножи ЗТМ, в частности, автогрейдера. При этом нет возможности учесть в процессе изнашивания геометрические параметры ножей, проанализировать особенности такого процесса конкретно для РО автогрейдера. Поэтому для того, чтобы оценить влияние этих многочисленных факторов на процесс изнашивания, нами была спроектирована и изготовлена лабораторная установка (рис.1). Принцип работы лабораторной установки заключается в следующем. В загрузочный бункер помещается абразивная среда, в

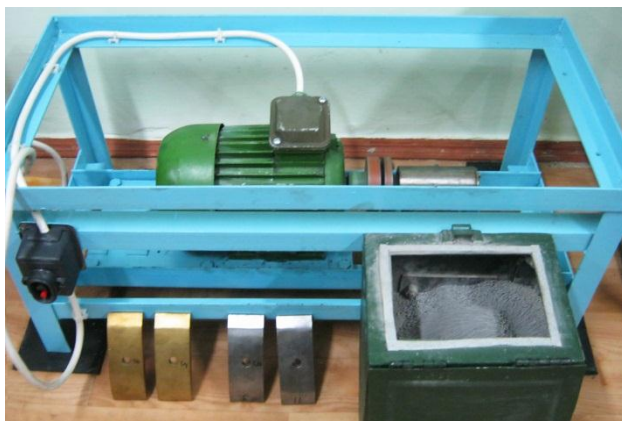


Рис. 1. Общий вид лабораторной установки.

которой устанавливается фрагмент ножа, вращающийся непосредственно в грунте с постоянной угловой скоростью, что имитирует работу РО ЗТМ с грунтом.

С помощью этой установки нами были проведены три серии экспериментальных износных испытаний, суть которых заключалась в определении износа

фрагментов ножа, применяемого в автогрейдере и изготовленного из стали 65Г с ионно-плазменным покрытием TiN-Cr₂N и без него. Износ фрагментов ножа определялся путем установления потери ими массы за время испытания с помощью взвешивания на компараторе «Sartorius» с точностью до $\pm 0,0005$ г. До и после испытаний фрагменты ножа обезжиривались в бензине, просушивались в течение 20 минут и доводились до постоянной массы.

Каждая серия испытаний проходила в два этапа. На первом этапе изнашивались обычные ножи, подверженные закалке ТВЧ, а на втором – те же ножи, но на их поверхность наносилось ионно-плазменное покрытие TiN-Cr₂N. В первой и второй сериях испытаний в загрузочный бункер установки помещалась абразивная среда - кварцевый песок с размером абразивных частиц 3 и 5 мм, соответственно, в третьей серии использовался щебень с размером частиц 10 мм. При этом щебень в период испытаний заменяли на новый каждые 10 часов, так как он имеет значительно меньшую твердость, чем зерна кварцевого песка, а следовательно, склонен к самодиспергированию.

Влажность абразивной среды в соответствии с ее сертификатом составляла не более 5%.

Частота вращения ножей – 60 мин^{-1} , время испытаний – 50 часов. Такой режим испытаний был установлен в процессе проведения поисковых исследований [1].

По истечении каждых 10 часов работы установки фрагмент ножа демонтировали и после тщательной промывки в бензине с последующей просушкой подвергали взвешиванию. Разница в массе до и после испытаний представляла собой их износ.

Результаты износных испытаний приведены на рис. 2-4, из которых видно, что износ режущих элементов во всех трех абразивных средах носит линейный характер на протяжении всего периода испытаний. Это объясняется, по-видимому, тем что как и в

реальных ЗТМ, в зоне контакта ножа с абразивной средой происходит постоянное обновление абразивных частиц новыми, у которых отсутствует возможность постоянно взаимодействовать друг с другом и как следствие, снижать свое воздействие в процессе изнашивания. При этом нанесение ионно-плазменного покрытия $TiN-Cr_2N$ весьма существенно снижает износ фрагментов ножей: - в среде кварцевого песка с размером абразивных частиц 3 и 5 мм – в 1,8 и 1,7 раза, соответственно; - в среде щебня с размером абразивных частиц 10 мм – в 1,6 раза.

Одновременно можно отметить, что износ фрагментов ножей автогрейдера в значительной степени зависит от размера абразивных частиц и их твердости.

К тому же, в процессе испытаний было замечено, что кварцевые зерна изменяются в размере незначительно, что объясняется относительно большой твердостью частиц кварца. При этом происходит перемешивание и опускание

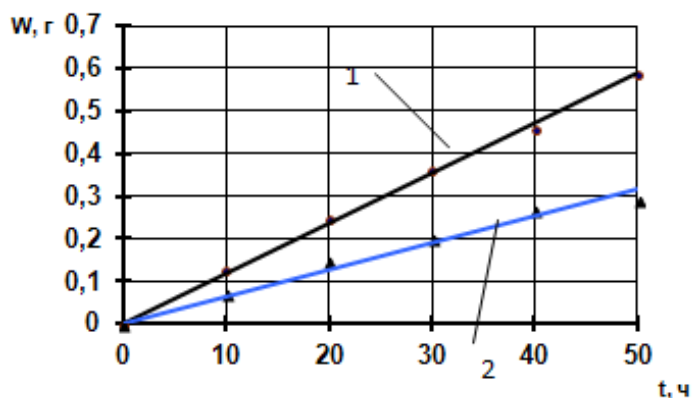


Рис. 2. График зависимости износа W штатного ножа (1) и с ионно-плазменным покрытием $TiN-Cr_2N$ (2) от времени t работы в среде кварцевого песка с размером частиц 3 мм.

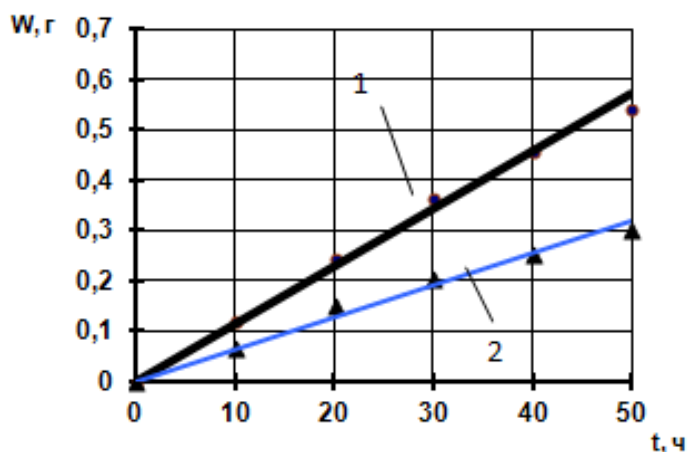


Рис. 3. График зависимости износа W штатного ножа (1) и с ионно-плазменным покрытием $TiN-Cr_2N$ (2) от времени t работы в среде кварцевого песка с размером частиц 5 мм.

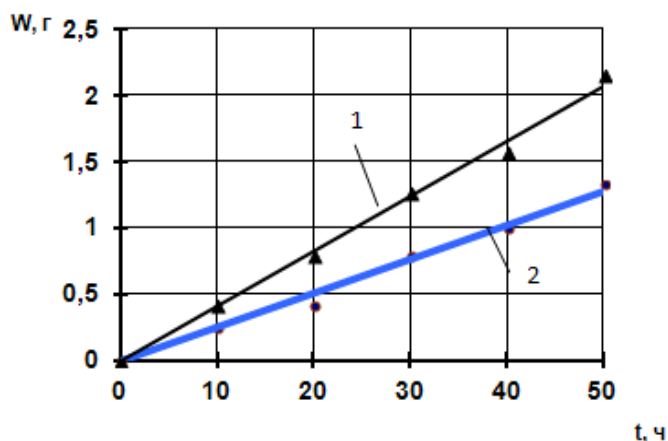


Рис. 4. График зависимости износа W штатного ножа (1) и с ионно-плазменным покрытием $TiN-Cr_2N$ (2) от времени t работы в среде щебня размером частиц 10 мм.

более мелких зерен кварца на дно загрузочного бункера лабораторной установки. Это объясняется тем, что крупные зерна кварца при соприкосновении друг с другом склонны образовывать ячейки относительно больших размеров, которые и служат локальными областями проваливания более мелких абразивных кварцевых частиц на дно загрузочного бункера. В результате такого процесса фрагмент ножа контактирует с новыми более крупными абразивными частицами.

Следует также отметить, что хотя превалирующую роль в процессе изнашивания ножей играет размер абразивных частиц, не стоит забывать и о влиянии формы последних. Так при контакте экспериментального образца с пластинчатыми и игольчатыми зернами щебня размером 10 мм наблюдался процесс микрорезания, который сопровождался образованием явно выраженных мелких царапин на поверхности фрагмента ножа. В связи с этим имеет место нарушение целостности поверхностного слоя (покрытия) фрагмента ножа. Однако, как показали результаты испытаний, в течение 50 часов покрытие $TiN-Cr_2N$ продолжает сохранять свои свойства.

Следует также заметить, что работа ножей в указанных абразивных средах подразумевает отделение микрообъемов металла с поверхности. Однако, такой процесс существенно не влияет на ионно-плазменное покрытие $TiN-Cr_2N$.

Выводы. 1. Процесс изнашивания рабочих органов ЗТМ носит линейный характер на первых 50 часах их эксплуатации. 2. Нанесение покрытия $TiN-Cr_2N$ оказывает положительный эффект на износостойкость фрагментов ножей автогрейдера. Этот эффект выражается в уменьшении износа по истечению 50 часов лабораторных испытаний: – при работе в абразивной среде с размером частиц 3 мм износ фрагментов ножей с покрытием $TiN-Cr_2N$ уменьшился в 2,0 раза; – в абразивной среде с размером частиц 5 мм – в 1,8 раза; – в абразивной среде с размером частиц 10 мм – в 1,6 раза; – в полидисперсной абразивной среде с размером частиц 3; 5 и 10 мм – в 1,78 раза. 3. Полученные результаты лабораторных испытаний позволяют прогнозировать существенное снижение износа режущих элементов ЗТМ в условиях их реальной эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Щукин А.В. Закономерность изнашивания рабочих органов землеройно-транспортных машин / А.В. Щукин // Сб. науч. тр.: Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Подъемно – транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование. – Дн – ск: ВГУЗ ПГАСА, 2012. – Вып.66 – С. 224–227.

2. Рейш А.К. Повышение износостойкости строительных и дорожных машин / А.К. Рейш – М. : Машиностроение, 1986. – 184 с.
3. Петров И.В. Повышение долговечности рабочих органов дорожных машин наплавкой / И.В. Петров, И.К. Домбровская – М : изд-во «Транспорт», 1970. – 104 с.
4. Богачев И.Н. Исследование износостойкости стали при абразивном изнашивании / И.Н. Богачев, Л.Г. Журавлев // Повышение износостойкости и срока службы машин. – Киев : изд-во АН УССР, 1960. – Т.1– 284 с.
5. Кравцов В.В. Химическое сопротивление материалов и современные проблемы защиты от коррозии : учеб. пособие / В.В. Кравцов. – Уфа : Изд-во УГНТУ, 2004. – 231 с.
6. Ларионов В.П. Хладостойкость и износ деталей машин и сварных соединений / В.П. Ларионов // Новосибирск : Наука, 1976. – 206 с.
7. Кугель Р.В. Долговечность автомобилей / Р.В. Кугель // Под ред. д-ра техн. наук проф. А.А. Липгарта – М. : Машгиз. – 1961. – 432 с.
8. Лахтин Ю.М. Пути повышения конструктивной прочности сталей / Ю.М. Лахтин // Сборник научных трудов МАДИ. Материалы и поверхностное упрочнение деталей машин и инструмента для повышения их надежности и долговечности. – М. : МАДИ. – 1989. – С. 4–21.
9. Слюсаренко В.В. Повышение износостойкости режущих элементов землеройно-транспортных машин / В.В. Слюсаренко // Строительные и дорожные машины – 1989. – №10. – С. 20–21.

УДК 621.869.98

Є. С. ВЕНЦЕЛЬ, докт. техн. наук,

А. В. ОРЕЛ, аспірант, О. М. ТАЛАЛАЄНКО, студентка

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

**ВИЗНАЧЕННЯ МІНІМАЛЬНО ПРИПУСТИМОГО ЗНАЧЕННЯ
КОЕФІЦІЄНТА ПРОТИЗНОШУВАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РОБОЧИХ
РІДИН ГІДРОПРИВОДІВ БДМ**

Актуальність проблеми. Як відомо, забруднення робочої рідини частинками зносу та пилу через абразивний знос викликають вихід зі строю елементів (насамперед, насосів, гідромоторів, розподільної апаратури) гідроприводу будівельних машин, які працюють, як правило, в умовах надзвичайного запилювання навколишнього