

<https://doi.org/10.26160/2474-5901-2024-45-76-80>

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ИЗНАШИВАНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ МАТЕРИАЛОВ

Быков П.А.¹, Калашиников И.Е.¹, Кобелева Л.И.¹, Катин И.В.¹, Михеев Р.С.²

¹*Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова*

Российской академии наук, Москва, Россия;

²*Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана, Москва, Россия*

Ключевые слова: интенсивность изнашивания, трение, абразив, твердость, биметаллические плиты, наплавка.

Аннотация. С целью определения интенсивности изнашивания наплавленных биметаллических плит и сравнения с используемыми сталями предложены и осуществлены сравнительные эксперименты. Проведены испытания на трение по стали согласно процедуре ASTM G99, на абразивный износ согласно процедуре ГОСТ17367-71 и в условиях имитирующих истирание и ударные нагрузки.

DETERMINING THE WEAR RATE OF WEAR-RESISTANT MATERIALS

Bykov P.A.¹, Kalashnikov I.E.¹, Kobeleva L.I.¹, Katin I.V.¹, Mikheev R.S.²

¹*A.A. Baykov Institute of Metallurgy and Materials Science*

Russian Academy of Sciences, Moscow, Moscow, Russia;

²*Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia.*

Keywords: wear rate, friction, abrasive, hardness, bimetallic plates, surfacing.

Abstract. In order to determine the wear rate of deposited bimetallic plates and compare them with the steels used, comparative experiments were proposed and carried out. Tests were carried out for friction on steel according to the ASTM G99 procedure, for abrasive wear according to the GOST 17367-71 procedure and under conditions simulating abrasion and impact loads.

Введение. Одним из основных видов изнашивания в условиях работы добывающего, горно-обогатительного и транспортного оборудования является абразивный износ[1]. Нередки случаи катастрофического износа деталей, вследствие которого их дальнейшая эксплуатация невозможна (рис. 1, а). Для защиты рабочих поверхностей оборудования применяют износостойкие покрытия, либо проводят модифицирующую обработку, используя лазерные, плазменные, электроннолучевые, электродуговые и др. методы [2]. Подобные меры обеспечивают повышение твердости и износостойкости контактных поверхностей, значительно повышая их ресурс и допустимые нагрузки.

Другим перспективным и экономически выгодным способом ремонта и защиты оборудования является использование материалов с повышенной износостойкостью. Так, компанией ООО «РСТП», накоплен большой практический опыт по производству наплавленных абразивостойких биметаллических плит для ремонта и восстановления предельно изношенного

оборудования, используемого на предприятиях по добыче рудных материалов (рис. 1, б). Как правило, улучшение эксплуатационных свойств восстановленного оборудования материалами с повышенной износостойкостью оценивается именно сроком его эксплуатации, а долговременная работа напрямую зависит от свойств и состава применяемых материалов.



а
б
Рис. 1. Катастрофический износ ковша экскаватора (а); наплавленные биметаллические плиты для ремонта и восстановления (б). Фотографии предоставлены ООО «РСТП»

Мероприятия, направленные на создание защитных покрытий во время ремонта или производства деталей требуют проведения научных изыскания в сфере материаловедения [3] и производственных технологий. Так, наплавка слоев с повышенными эксплуатационными характеристиками представляет особый интерес благодаря широким возможностям по выбору технологии и режимов нанесения, а также используемых материалов [4]. При разработках износостойких материалов важным является выбор и проведение испытаний для всесторонней оценки получаемых свойств.

Целью работы являлось определение и сравнение износостойкости образцов наплавленных пластин и образцов сталей, применяемых в качестве защиты от износа горнорудного оборудования.

Материалы и методы. В качестве материалов для исследований были выбраны образцы наплавленных пластин марок АСП200, АСП200+ и АСП300. Образцы наплавленных пластин изготовлены и предоставлены компанией ООО «РСТП». Наплавленная пластина представляет собой стальной лист из малоуглеродистой стали типа Ст3 или сталь 20, на который методом автоматизированной электродуговой наплавки с применением самозащитных порошковых проволок нанесен слой абразивостойкого сплава. Толщина стального листа – 10 мм, толщина наплавленного слоя – 10 мм. Для сравнения исследовали образцы сталей 110Г13Л (ГОСТ 977-88) и Hardox450, уже применяемые на предприятиях добывающей промышленности.

Испытание на трение проводили на установке CETR UMT 2.0 по схеме неподвижный палец (испытываемый образец) по вращающемуся диску (сталь), следуя процедуре ASTM G99. Скорость вращения диска составляла

0,2 м/с, осевая нагрузка – 10 Н, радиус испытания – 20 мм, путь трения – 500 м. Коэффициент трения фиксировали непрерывно в процессе испытаний.

Испытания на абразивный износ при истирании проводили на установке CETR UMT 2.0 по схеме палец (испытываемый образец) по диску с поверхностью из наждачной бумаги P180, что соответствует размеру зерна (Al_2O_3) 63-80 мкм, следуя процедуре ГОСТ 17367-71. Скорость вращения диска составляла 0,15 м/с, постоянная удельная нагрузка – 1 МПа. Интенсивность изнашивания оценивали по отношению потери массы образца к пройденному пути.

Испытания на абразивный износ при условиях, имитирующие истирание и ударные нагрузки проводили в планетарной мельнице RetschPM100 в среде абразива SiC со средним размером частиц 14 мкм и металлических шаров из нержавеющей стали диаметром 5 мм. Исследуемые образцы помещались в размольный стакан из нержавеющей стали и обрабатывались в течение 40 минут при скорости вращения 300 об/мин (соотношение абразива и металлических шаров по массе составляло 20:150 г, соответственно).

Твердость HRC исследуемых образцов измеряли на твердомере Роквелла TP-5018M алмазным конусом с углом 120° при вершине при нагрузке 150 кгс.

Результаты и обсуждение

Результаты измерения твердости образцов представлены в таблице 1.

Табл. 1. Результаты измерений

Образец	АСП200	АСП200+	АСП300	110Г13Л	Hardox450
Твердость, HRC	58	64	51	21	48

Изменение механических свойств, особенно твердости, приводит и к изменению трибологических характеристик материала. Для износостойких слоев, полученных дуговой наплавкой, важным фактором является состав наплавляемых порошковых проволок. С целью обеспечения прочности, твердости и износостойкости наплавляемого слоя их состав варьируют для оптимизации количества карбидных соединений, образующихся при кристаллизации жидкой ванны в процессе электродуговой наплавки.

Проведенные испытания при трении по стальному диску показывают что, коэффициент трения материалов отличается не только средним значением, но и характером изменения (рис. 2). Максимальное значение коэффициента трения наблюдается у образца из стали 110Г13Л. Минимальное значение коэффициента наблюдается у образца из стали Hardox 450. Лучшие показатели коэффициента трения среди наплавленных покрытий показывает образец АСП200+. Сравнение интенсивности изнашивания образцов при трении по стали оказалось неинформативным из-за малых значений, попадающих в пределы погрешности, изменений их массы. Поэтому рационально оценивать износостойкость подобных износостойких материалов при трении по абразиву.

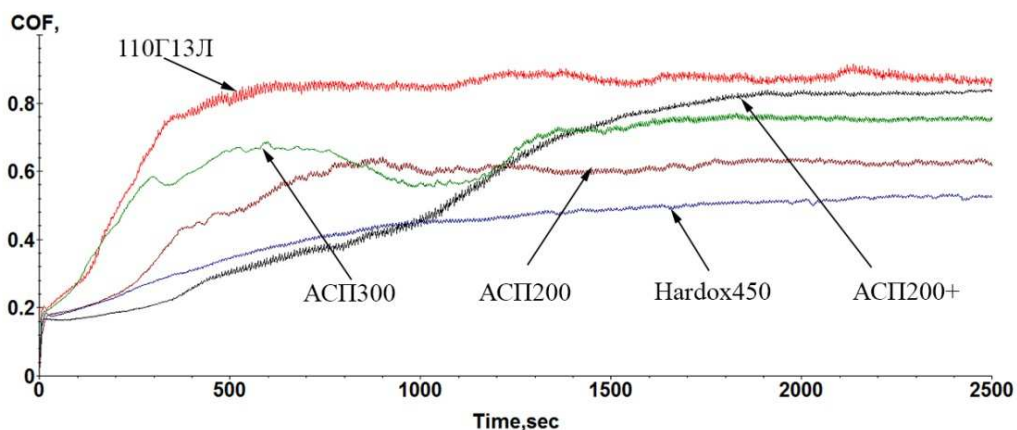


Рис. 2. Коэффициенты трения образцов при испытании по стали

Испытание на трение по абразиву характеризуют связь между твердостью и сопротивлением изнашиванию, образцы с большей твердостью лучше противостоят износу. Исключением является образец из стали 110Г13Л (сталь Гадфильда), которая имеет свойства самоупрочняться под действием деформации и нагрузок. При испытаниях на абразивный износ в условиях, имитирующие истирание и ударные нагрузки лучшие результаты (наименьшие значения потери массы) по значению интенсивности изнашивания показали образцы из стали Hardox450 и наплавленного слоя АСП-300 (рис. 3).

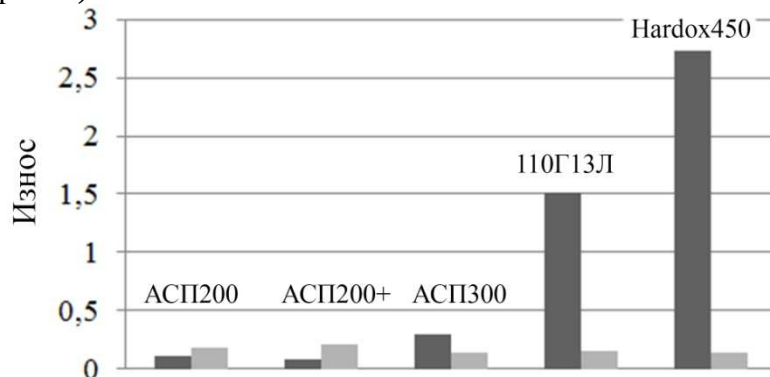


Рис. 3. Интенсивность изнашивания образцов: ■ – при испытании по абразиву (мг/м), □ – при испытании в условиях, имитирующие истирание и ударные нагрузки ($\text{г/см}^2 \cdot 10^{-4}$)

Выводы. Проведен комплекс испытаний на абразивный износ опытных образцов с наплавленным слоем и уже применяемых сталей. Получены данные по интенсивности изнашивания и изменению коэффициента трения. Анализ результатов показывает преимущество опытных образцов с наплавленными слоями по сравнению с применяемыми в настоящее время материалами. При испытании по абразиву разница интенсивности изнашивания между новыми износостойкими материалами и сталью Hardox450 более 30 раз.

Список литературы

1. Сидоров С.К. Обзор материалов, используемых для защиты рабочих поверхностей горных машин от износа // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – №8. – С. 389-395.
2. Чапайкин А.С., Громов В.Е., Черепанова Г.И., Перегудов О.А. Изменение структуры и свойств наплавленного слоя из быстрорежущей стали после отпуска и электронно-пучковой обработки // Заготовительные производства в машиностроении. – 2024. – Т. 22, №1. – С. 35-39. – doi.org/10.36652/1684-1107-2024-22-1-35-39.
3. Аверин В.А., Евенко В.В. Современные возможности защиты машин и оборудования от фрикционного, абразивного и коррозионного износа // Новые материалы и технологии в машиностроении. – 2022. – №36. – С. 118-120.
4. Савицкий Г.П., Михеев Р.С., Калашников И.Е., Кобелева Л.И., Быков П.А. Исследование структуры и свойств композиционных покрытий системы SnSbCu-Ti₂NbAl, сформированных на стальных подложках процессом дуговой наплавки // Металлы. – 2022. – № 5. – С. 50-56.

References

1. Sidorov S.K. Review of materials used to protect the working surfaces of mining machines from wear // Mining Information and Analytical. 2015, no. 8, pp. 389-395.
2. Chapaikin A.S., Gromov V.E., Cherepanova G.I., Peregudov O.A. Change in the structure and properties of the deposited layer of high-speed steel after tempering and electron beam processing // Blank production in mechanical engineering. 2024, vol. 22, no. 1, pp. 35-39. doi.org/10.36652/1684-1107-2024-22-1-35-39.
3. Averin V.A., Evenko V.V. Modern possibilities for protecting machines and equipment from frictional, abrasive and corrosive wear // New materials and technologies in mechanical engineering. 2022, no. 6, pp. 118-120.
4. Savitsky G.P., Mikheev R.S., Kalashnikov I.E., Kobeleva L.I., Bykov P.A. Study of the structure and properties of composite coatings of the SnSbCu-Ti₂NbAl system formed on steel substrates by arc surfacing // Metals. 2022, no. 5, pp. 50-56.

Быков Павел Андреевич – научный сотрудник	Bykov Pavel Andreevich – researcher
Калашников Игорь Евгеньевич – доктор технических наук, ведущий научный сотрудник	Kalashnikov Igor Evgenievich – doctor of technical sciences, leading researcher
Кобелева Любовь Ивановна – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник	Kobeleva Lyubov Ivanovna – candidate of technical sciences, leading researcher
Катин Игорь Валентинович – научный сотрудник	Katin Igor Valentinovich – researcher
Михеев Роман Сергеевич – доктор технических наук, профессор	Mikheev Roman Sergeevich – doctor of technical sciences, professor
pbykov@imet.ac.ru	

Received 17.10.2024