

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ИЗНОСОСТОЙКОСТИ СТАЛЬНЫХ И РЕЗИНОВЫХ ПОКРЫТИЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ КОНСТРУКЦИЙ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПРИ УДАРНЫХ НАГРУЗКАХ.

Настоящий В.А., к.т.н., профессор,
Яцун В.В., к.т.н., доцент,
Кировоградский национальный технический университет
brmb73@gmail.com

Аннотация. В качестве футеровочных материалов поверхностей бункеров, рудоспусков, перегрузочных узлов, непосредственно контактирующих с перерабатываемым материалом, широко используются износостойкие резины. Дальнейшее внедрения гуммированных покрытий взамен металлических сдерживается отсутствием методик инженерных расчетов, обосновывающих условия, при которых износостойкость резиновых покрытий поверхностей транспортирующих и перегрузочных сооружений предприятий горно-металлургического комплекса работающих в условиях ударного нагружения, не уступает металлическим покрытиям. Для определения критерия сравнения износостойкости резиновых и металлических покрытий по отношению к ударным нагрузкам использована классическая теория Герца упругого столкновения тел, на основе которой для случая нагружения покрытия частицами, ударяющими по перпендикуляру к его поверхности, получено выражение для критической скорости столкновения, при которой достигается предел прочности материала покрытия. Таким образом, задаваясь условиями нагружения покрытия (плотность материала и радиус падающих абразивных частиц, коэффициенты Пуассона для частиц и покрытия, соответствующие модули Юнга для частиц и покрытия; скорость частиц перед соударением) определяются условия, при которых износостойкость резиновых покрытий поверхностей транспортирующих и перегрузочных сооружений предприятий горно-металлургического комплекса работающих в условиях ударного нагружения, не уступает металлическим покрытиям, что позволяет более обосновано подходить к выбору материала защитных покрытий оборудования и конструкций.

Ключевые слова: резиновая футеровка, износостойкость покрытия, теория упругого столкновения тел, критическая скорость столкновения, выбор материала защитных покрытий.

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ЗНОСОСТІЙКОСТІ СТАЛЕВИХ І ГУМОВИХ ПОКРИТТІВ ПОВЕРХОНЬ КОНСТРУКЦІЙ ПІДПРИЄМСТВ ГІРНИЧО-МЕТАЛУРГІЙНОГО КОМПЛЕКСУ ПРИ УДАРНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ

Настоящий В.А., к.т.н., профессор,
Яцун В.В., к.т.н., доцент,
Кіровоградський національний технічний університет
brmb73@gmail.com

Анотация.. В якості футеровочних матеріалів поверхонь, які безпосередньо контактують з матеріалом, що переробляється, у бункерах, рудоспусках, перевантажувальних вузлах широко використовуються зносостійкі гуми. Подальше впровадження гумованих покриттів замість металевих стримується відсутністю методик інженерних розрахунків, що обґрунтовують умови, при яких зносостійкість гумових покриттів поверхонь транспортуючих і перевантажувальних споруджень підприємств гірничо-металургійного комплексу, які працюють в умовах ударного вантаження, не поступається металевим покриттям. Для визначення критерію порівняння зносостійкості гумових і металевих покриттів по відношенню до ударних навантажень

використана класична теорія Герца пружного зіткнення тіл, на основі якої для випадку навантаження покриття частками, що ударяють по перпендикуляру до його поверхні, отримано вираження для критичної швидкості зіткнення, при якій досягається межа міцності матеріалу покриття. Таким чином, задаючись умовами навантаження покриття (щільність матеріалу і радіус падаючих абразивних часток, коефіцієнти Пуассона для часток і покриття, відповідні модулі Юнга для часток і покриття; швидкість часток перед зіткненням) визначаються умови, при яких зносостійкість гумових покриттів поверхонь транспортуючих і перевантажувальних споруджень підприємств гірничо-металургійного комплексу які працюють в умовах ударного вантаження, не поступається металевим покриттям, що дозволяє більш обґрунтовано підходити до вибору матеріалу захисних покриттів устаткування і конструкцій.

Ключові слова: гумове футерування, зносостійкість покриття, теорія пружного зіткнення тіл, критична швидкість зіткнення, вибір матеріалу захисних покриттів.

COMPARATIVE ESTIMATION of WEARPROOFNESS of STEEL and RUBBER COVERAGES of SURFACES of CONSTRUCTIONS of ENTERPRISES of MINING and METALLURGICAL COMPLEX AT SHOCK LOADING

Nastoyashiy V.A., PhD., Professor,
Yatsun V.V., PhD, Assistant Professor.
Kirovograd national technical University
brmb73@gmail.com

Abstract. As lining-up materials of surfaces of bunkers, lowering of ore, shifting knots directly contacting with the processed material, wearproof rubbers are widely used. Further introductions of rubberized coat instead of metallic restrains temper absence of methodologies of engineering calculations, grounding terms at that wearproofness of rubber coverages of surfaces of transporting and shifting building of enterprises of mining and metallurgical complex working in the conditions of shock ladening, does not yield to metallic coverages. For determination of criterion of comparison of wearproofness of rubber and metallic coverages in relation to the shock loading the classic theory resilient collision of bodies of Hertz is used, on the basis of that for the case of ladening of coverage particles striking on a perpendicular to his surface, expression is got for stalling speed of collision, at that tensile of material of coverage strength is arrived at. Thus, set by the terms of ladening of coverage (closeness of material and radius of falling abrasive particles, coefficients of Poisson for particles and coverage, corresponding modules cabin of Jung Boy for particles and coverage; speed of particles before hitting) may be determine terms at that wearproofness of rubber coverages of surfaces of transporting and shifting building of enterprises of mining and metallurgical complex working in the conditions of shock ladening does not yield to metallic coverages, that allows it is more reasonable to go near the choice of material of sheeting of equipment and constructions.

Keywords: rubber lining-up, wearproofness of coverage, theory of resilient collision of bodies, stalling speed of collision, choice of material of sheeting.

Вступление. Резина прочно заняла ведущие позиции как конструкционный материал для износостойких покрытий и футеровок поверхностей бункеров, рудоспусков, перегрузочных узлов, непосредственно контактирующих с перерабатываемым материалом. Дальнейшее внедрение гуммированных покрытий взамен металлических зачастую сдерживается отсутствием методик инженерных расчетов, которые обоснуют преимущества резиновых элементов, применяемых в качестве покрытий и футеровок, перед металлическими.

Анализ литературных источников показывает и длительная практика эксплуатации машин и сооружений с резиновыми футеровками подтверждает, что резина как конструкционный материал обладает меньшей массой, высокой износостойкостью и стойкостью под ударными нагрузками, обеспечивает снижение массы оборудования, легкость установки и замены футеровки, а также снижения потребления электроэнергии, что отражено в публикациях [1,2], в которых подробно рассматривается использование резиновых футеровок и покрытий для защиты от износа мельниц, дробилок, скипов, кузовов тяжелых автомобилей, течек, перепусков и т.д.

Проблема расширения области использования износостойких резиновых покрытий поверхностей транспортирующих и перегрузочных сооружений предприятий горно-металлургического комплекса может быть решена путем разработки методики, определяющей условия, при которых резиновые элементы, применяемых в качестве покрытий и футеровок будут иметь преимущества перед металлическими.

Целью данной работы является обоснование и определение условий, при которых износостойкость резиновых элементов, работающих в условиях ударного нагружения, не уступает металлическим покрытиям.

Результаты исследований.

Процесс разрушения металла и резины при ударных нагрузках имеет существенные отличия. Однако имеются и общие закономерности, вызванные спецификой взаимодействия технологической загрузки и футеровки.

Один из самых простых критериев для сравнения износостойкости по отношению к ударным нагрузкам можно получить на основе классической теории Герца упругого столкновения тел [3].

Предполагаем, что сталкивающиеся тела представляют собой падающую сферу и полупространство, тогда из теории Герца следует выражение для наибольшей силы F_{\max} , действующей на площади контакта соударяющихся тел

$$F_{\max} = \left(\frac{20}{3} \pi d \right)^{3/5} R^2 \left[\frac{1}{6 \left(\frac{1-q_1^2}{E_1} + \frac{1-q_2^2}{E_2} \right)} \right]^{2/5} \cdot v^{6/5} \quad (1)$$

где d – плотность материала сферы; R – радиус сферы; q_1, q_2 – коэффициенты Пуассона для сферы и полупространства; E_1, E_2 – соответствующие модули Юнга для сферы и полупространства; v – скорость сферы перед соударением.

Радиус проекции поверхности контакта r_e на плоскую границу полупространства определяем из выражения

$$r_e = \left[\frac{3}{4} F_{\max} R \left(\frac{1-q_1^2}{E_1} + \frac{1-q_2^2}{E_2} \right) \right]^{1/3} \quad (2)$$

Поэтому среднее давление P_{cp} на площадке контакта

$$P_{cp} = \frac{F_{\max}}{\pi r_e^2} = \frac{2}{3} \left[\frac{40d}{\pi^4} \left(\frac{1}{\frac{1-q_1^2}{E_1} + \frac{1-q_2^2}{E_2}} \right)^4 \right]^{1/5} \cdot v^{2/5} \quad (3)$$

Согласно теории Герца, P_{cp} составляет две трети наибольшего давления P_{\max} , имеющего место в центре площадки контакта. Пусть наибольшая ударная нагрузка, которую можно приложить к телу, не причиняя ему разрушения, равна σ_{\max} . В случае металла эта нагрузка влечет за собой начало пластического течения. Тогда наибольшее среднее давление на

поверхности контакта, которое может быть приложено при совершенно упругом ударе, равно $2/3 \sigma_{\max}$.

Подставляя это значение в формулу (3), получаем выражение для критической скорости столкновения v_{\max} , при которой достигается предел прочности материала

$$v_{\max} = \frac{\pi \sigma_{\max}^{5/2}}{2\sqrt{10}} \left(\frac{1}{d} \right)^{1/2} \left(\frac{1-q_1^2}{E_1} + \frac{1-q_2^2}{E_2} \right)^2 \quad (4)$$

Для материала, лучше сопротивляющегося разрушению частицами, ударяющими по перпендикуляру к его поверхности (к поверхности полупространства), величина v_{\max} будет иметь большее значение.

Таким образом, v_{\max} можно считать характеристическим параметром – критерием прочности материала по отношению к нормальному удару абразивной частицы.

Для сравнения износостойкости двух материалов составляем соотношение критических скоростей K

$$K = \sqrt{\frac{v_{\max}}{v_{2\max}}} - \left(\frac{\sigma_{1\max}}{\sigma_{2\max}} \right)^{5/4} \left(\frac{\frac{1-q_1^2}{E_1} + \frac{1-q_3^2}{E_3}}{\frac{1-q_2^2}{E_2} + \frac{1-q_3^2}{E_3}} \right), \quad (5)$$

где индексы 1 и 2 относятся к сравниваемым материалам полупространства, а 3 – к материалу ударяющей частицы.

Критическое условие, на основании которого проводится прогноз, записывается в виде $K \ll 1$.

Для примера рассмотрим следующий возможный случай. Резиновая футеровка, работающая в пределах переменного модуля упругости $E_2=3,5-4,0$ МПа ($\sigma_{2\max}=18$ МПа; $q_2=0,45$), сравнивается со стальной (сталь 110Г13Л, $\sigma_{1\max}=550$ МПа; $E_1=210$ ГПа; $q_1=0,31$), при этом в качестве абразивной среды использована металлическая дробь.

Подставив данные в формулу (5), вычислим значения критерия K в виде

$$K = \left(\frac{550}{18} \right)^{5/4} \left(\frac{\frac{1-0,31^2}{2,1 \cdot 10^5} + \frac{1-0,31^2}{2,1 \cdot 10^5}}{\frac{1-0,31^2}{2,1 \cdot 10^5} + \frac{1-0,45^2}{4,0}} \right) \cong 0,8$$

Поскольку выполняется условие $K < 1$, то критическая скорость разрушения для стали 110Г13Л при данных условиях меньше, чем для резины, иначе говоря, резиновая футеровка лучше сопротивляется абразивному износу.

Выводы. Таким образом, пользуясь указанным критерием можно прогнозировать, сравнительную износостойкость резиновых и стальных футеровок, работающих при ударном воздействии, что позволит расширить область применения износостойких резин и обеспечит уменьшение массы оборудования, легкость установки и замены футеровки, а также снижения потребления электроэнергии.

Література

1. Защитные футеровки и покрытия горно-обогатительного оборудования / А.А. Тарасенко, Е.Ф. Чижик, А.А. Взоров, В.А. Настоящий. – М.: Недра, 1985. – 204 с.
2. Рабочие поверхности и футеровки барабанных и вибрационных мельниц / Франчук В.П., Настоящий В.А., Маркелов А.Е., Чижик Е.Ф. – Комсомольськ-Кременчук; Науково-виробниче видання, 2008. – 382 с.
3. Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле. – М.: Наука, 1959. – 440 с.