

ОБЛАДНАННЯ ТА РЕМОНТИ

УДК 62-39:620.178.162

© Ищенко А.А.¹, Дашко Е.В.²

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ АБРАЗИВНОГО ИЗНОСА ЗАЩИТНОГО ПОЛИМЕРНОГО ПОКРЫТИЯ

Рассмотрена задача определения интенсивности абразивного износа защитного покрытия деталей перекачивающего оборудования. Принимая абразивную частицу как режущий инструмент по аналогии с резанием металлов, решена задача по определению абразивного износа композитных материалов с различными механическими свойствами. Получены данные по интенсивности износа материала, который применим для защиты деталей перекачивающего оборудования.

Ключевые слова: абразивная частица, водный поток, корпус насоса, полимерный материал, износ, шламовые насосы.

Ищенко А.О., Дашко О.В. Визначення інтенсивності абразивного зносу захисного полімерного покриття. Розглянута задача визначення інтенсивності абразивного зносу захисного покриття деталей перекачуючого обладнання. Приймаючи абразивну частинку як ріжучий інструмент за аналогією з різанням металів, вирішена задача з визначенню абразивного зносу композитних матеріалів з різними механічними властивостями. Отримано дані з інтенсивності зносу матеріалу, який можна застосувати для захисту деталей перекачуючого обладнання.

Ключові слова: абразивна частинка, водний потік, корпус насоса, полімерний матеріал, знос, шламові насоси.

A.O. Ischenko, O.V. Dashko. Determining the intensity of abrasive wear of protective polymer coatings. Solids pumps are used to pump various aggressive media, including abrasive, therefore their parts are subjected to considerable wear. Composites materials are used for restoring and protecting these parts. To determine the proper amount of the polymeric material to recover specific parts it is necessary to determine possible wear of the parts operating under specific conditions. In this paper it was considered. The problem of determining the intensity of abrasive wear of the protective coating of the parts of the pumping equipment was considered in the article. Taking an abrasive particle as a cutting tool by analogy with cutting of metal, the task in determining the abrasive wear of composite materials with different mechanical properties has been solved. A set of data on the intensity of wear of the material used to protect the parts of the pumping equipment has been got. The results were graphed to illustrate the dependence of the abrasive wear on the protective material yield point and on the abrasive particles angle of impact on the surface of the test material. The graphs show that wear increases with the increasing angle of the abrasive material impact. In these dependencies the angle range was stretching from 0°-30°, because further increasing of the abrasive particles angle of impact excludes abrasion wear. The obtained theoretical dependences are supported by experimental results. The proposed method of solution is precise enough to perform engineering calculations. It makes it possible to determine the amount of abrasive wear of any polymeric material based on polyurethane, and also to select the mechanical properties of the protective material, in particular the selection and composition of the composite material fillers.

¹ д-р техн. наук, професор, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, ischenko49@mail.ru

² аспірант, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, dashko.aliona@yandex.ru

Keywords: abrasive particles, aqueous stream, pump housing, a polymeric material, wear, solids pumps.

Постановка проблеми. Шламовые насосы перекачивают различные агрессивные среды, в том числе абразивные, вследствие чего их детали подвергаются значительному износу. Для восстановления и защиты этих деталей применяют композитные материалы. Для определения необходимого и достаточного количества полимерного материала для восстановления конкретных деталей, необходимо определить возможный износ деталей, работающих в конкретных условиях. В данной работе такая задача теоретически решена, что позволяет определять абразивный износ материала с любыми механическими свойствами и работающих в различных средах.

Анализ последних исследований и публикаций. В промышленности абразивный износ довольно часто встречается, поэтому учеными из разных областей знаний это явление активно исследуется с разных сторон. Следовательно, теоретическое изучение данного явления становится предметом частых публикаций. Бродский Г.С. в своей статье рассматривает этот процесс с энергетической точки зрения [1]. Ибатулин И.Д. в своей работе процесс изнашивания поверхностных слоёв рассматривал с точки зрения различных подходов, но рассматривался износ исключительно металлических поверхностей [2]. Путилов В.Я. в своих исследованиях предлагает зависимости для расчёта абразивного износа пневмотранспортных трубопроводов [3]. В то же время во всех работах процесс абразивного износа рассматривался исключительно с точки зрения износа металлических поверхностей, а износ полимерного материала ранее рассматривался с практической стороны [4], следовательно, поставленная задача является актуальной для дальнейшего исследования.

Цель статьи состоит в разработке математической модели процесса абразивного износа и решении уравнения для определения величины абразивного износа композитных материалов, применяемых для восстановления и защиты деталей перекачивающего оборудования.

Изложение основного материала. Как при резании, так и при абразивном износе энергия, прилагаемая к режущему инструменту или к абразивной частице, главным образом расходуется на образование пластических деформаций снимаемого слоя металла. Таким образом, и резание, и износ можно отнести к одному и тому же классу явлений, связанных с пластическими деформациями снимаемого слоя [5]. Рассмотрим с этих позиций износ полого цилиндрического тела, омываемого внутри водным потоком, несущим абразивные частицы.

При рассмотрении процесса износа [5] примем, что:

- все абразивные частицы абсолютно твердые, не подвергающиеся разрушениям и деформациям во время ударов;
- эти частицы перемещаются с водным потоком и перед ударом об изнашиваемую поверхность имеют скорость и направление движения, одинаковые со скоростью и направлением водного потока;
- каждая элементарная единица абразива имеет несколько заостренных углов или выступов, которыми будет производить царапины при движении по поверхности изнашиваемого тела.

Пусть абразивная частица сталкивается с поверхностью цилиндрического тела в точке А, имея скорость V_1 (рис. 1). Угол между направлением движения абразивной частицы \vec{B} и касательной к поверхности цилиндра T обозначим α . По прошествии времени τ , которое назовем временем удара, абразивная частица отскочит от поверхности цилиндра со скоростью V_2 . Разложим скорости до и после удара на нормальную и касательную составляющие к поверхности в точке удара. Их соответственно обозначим как V_{1n} , V_{2n} , V_{1t} и V_{2t} .

На основании теоремы о количестве движения и теоремы импульсов после некоторых преобразований выразим силу P , с которой абразивная частица действует на поверхность цилиндра

$$P = k_1 \cdot \frac{m \cdot (k - 1)}{\tau} \cdot v_1 \cdot \sin \alpha . \quad (1)$$

В период удара, кроме упругих, будут происходить и пластические деформации подобно тому, как происходит пластическое сжатие срезаемого слоя при резании металлов под действием силы, действующей на режущий инструмент по направлению движения инструмента и называемой в теории резания силой резания.

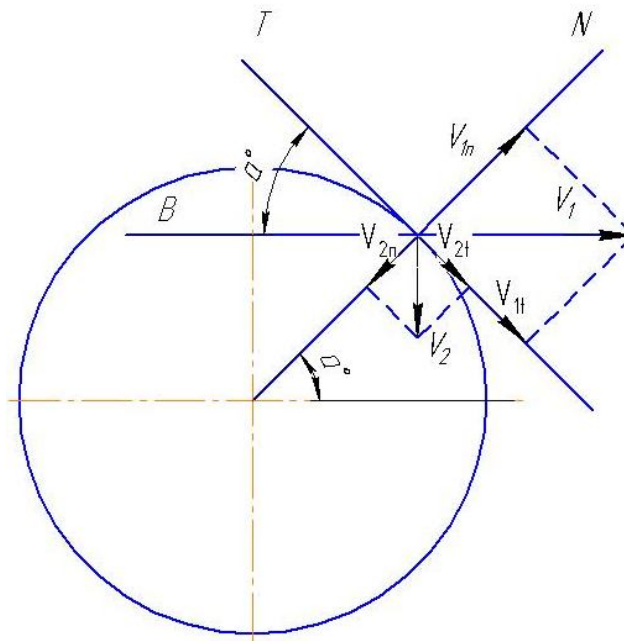


Рис. 1 – Схема движения абразивной частицы в корпусе насоса

Учитывая разность скоростей и времени, пройденного частицей до удара и после него, выразим путь, пройденный частицей через время и скорости. Далее, основываясь на теореме о количестве движения, после некоторых преобразований выразим время удара τ через путь, пройденный частицей при срезании слоя материала, вследствие чего получим:

$$\tau = \frac{2 \cdot l}{v_1 \cdot \cos \alpha \cdot \left(1 + k_1 \cdot k \cdot \tan \alpha \cdot \frac{1-k}{1+k} \right)}. \quad (2)$$

Подставим полученное значение τ из уравнения (2) в уравнение (1); в результате преобразований

$$P = k_1 \cdot \frac{m \cdot (k-1)}{2 \cdot l} \cdot v_1^2 \cdot \sin \alpha \cdot \left[\cos \alpha - \frac{k_1 \cdot k \cdot \sin \alpha \cdot (k-1)}{1+k} \right]. \quad (3)$$

Уравнение (3) выражает величину сил, действующих на абразивную частицу по касательной к изнашиваемой поверхности в точке удара. Если абразивную частицу с заостренными выступами, которыми она делает царапину на поверхности изнашиваемого тела, принять за резец, то касательную составляющую сил, действующих на абразивную частицу, можно рассматривать как силы резания.

Для определения величины сил резания в зависимости от размеров стружки и других величин, характеризующих условия резания, различными авторами дается много уравнений, выведенных главным образом на основании экспериментальных данных. Так, например, Целиков А.И. [6] дает следующее уравнение

$$P = p \cdot s \cdot m, \quad (4)$$

- где P – сила резания;
 p – давление резания отнесённое к 1 мм^2 сечения стружки, $p=(10 \div 20)\sigma_B$;
 σ_B – временное сопротивление материала при данной температуре резания;
 s – ширина прорези, мм;
 m – толщина сечения разрезаемого материала, мм;
 f_0 – площадь поперечного сечения $f_0 = s \cdot m$, мм^2

Подставляя данные зависимости в уравнение (4) получим усилие резания:

$$P = (10 \div 20) \cdot \sigma_B \cdot f_0. \quad (5)$$

Приравниваем правые части уравнения (3) и (5)

$$(10 \div 20) \cdot \sigma_B \cdot f_0 = k_1 \cdot \frac{m \cdot (k-1)}{2 \cdot l} \cdot v_1^2 \cdot \sin \alpha \cdot \left[\cos \alpha - \frac{k_1 \cdot k \cdot \sin \alpha \cdot (k-1)}{1+k} \right]. \quad (6)$$

Преобразовывая уравнение (6) получим:

$$V = k_1 \cdot \frac{m \cdot (k-1)}{2 \cdot (10 \div 20) \cdot \sigma_B} \cdot v_1^2 \cdot \sin \alpha \cdot \left[\cos \alpha - \frac{k_1 \cdot k \cdot \sin \alpha \cdot (k-1)}{1+k} \right], \quad (7)$$

где $V=f_0l$ – объём материала, снятого с изнашиваемой поверхности одной абразивной частицей с массой m .

Если на поверхности полого цилиндра возьмём поверхность f_1 , омываемую водным потоком, несущим абразивные частицы (рис. 2), то количество ударов абразивных частиц об эту поверхность в единицу времени будет

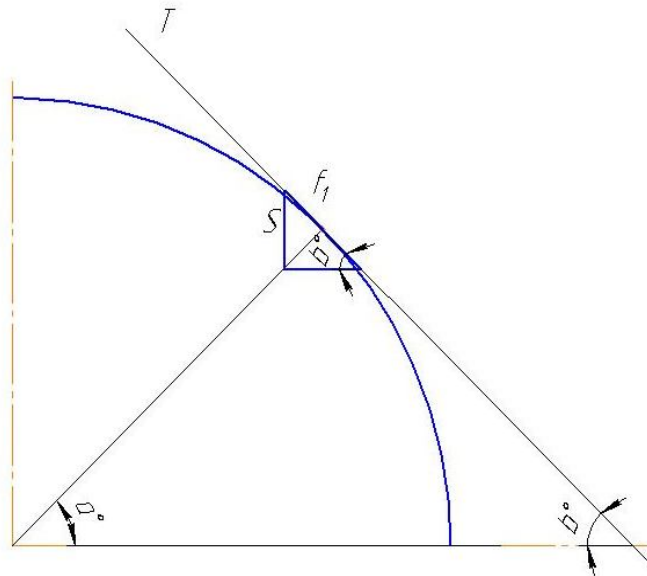


Рис. 2 – Схема элементарной площадки на поверхности цилиндра, омываемой водным потоком

$$N = \frac{\mu}{m \cdot g} \cdot v_1 \cdot s = \frac{\mu}{m \cdot g} \cdot v_1 \cdot f_1 \cdot \sin \beta = \frac{\mu}{m \cdot g} \cdot v_1 \cdot f_1 \cdot \cos \alpha, \quad (8)$$

где μ – концентрация корунда в водном потоке, кг/м^3 ;

mg – средний вес частицы корунда;

s – поверхность, нормальная к направлению движения водного потока.

Тогда износ поверхности f_1 за единицу времени можно выразить

$$V = V \cdot N = k_1 \cdot \frac{(k-1)}{2 \cdot (10 \div 20) \cdot \sigma_B \cdot g} \cdot v_1^3 \cdot \mu \cdot f_1 \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha \cdot \left[\cos \alpha - \frac{k_1 \cdot k \cdot \sin \alpha \cdot (k-1)}{1+k} \right]. \quad (9)$$

Выразим износ в следующем виде

$$V_i = a_i \cdot f_1, \quad (10)$$

где a_i – глубина износа или толщина среза.

Из уравнений (9) и (10)

$$a_i = k_1 \cdot \frac{(k-1)}{2 \cdot (10 \div 20) \cdot \sigma_B \cdot g} \cdot v_1^3 \cdot \mu \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha \cdot \left[\cos \alpha - \frac{k_1 \cdot k \cdot \sin \alpha \cdot (k-1)}{1+k} \right] \quad (11)$$

Износ поверхности за отрезок времени t будет выражаться

$$a = a_i \cdot t = k_1 \cdot \frac{(k-1)}{2 \cdot (10 \div 20) \cdot \sigma_B \cdot g} \cdot v_1^3 \cdot \mu \cdot t \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha \cdot \left[\cos \alpha - \frac{k_1 \cdot k \cdot \sin \alpha \cdot (k-1)}{1+k} \right]. \quad (12)$$

В результате работы были построены графики (рис. 3), иллюстрирующие зависимость величины абразивного износа от предела текучести защитного материала и угла воздействия абразивных частиц на поверхность испытуемого материала.

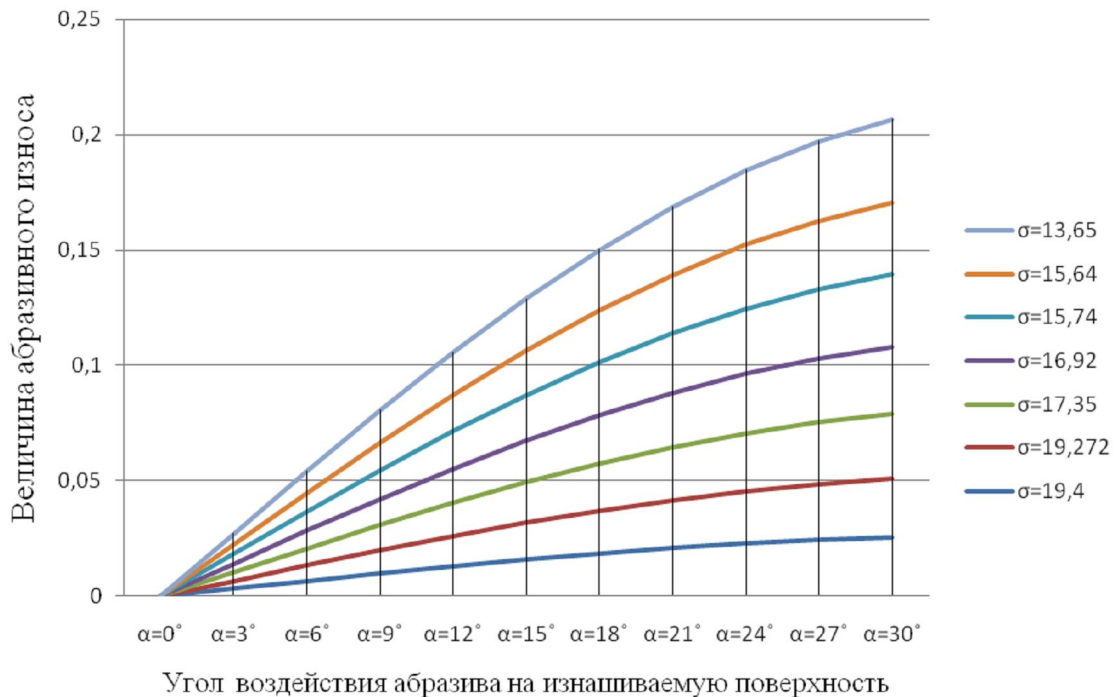


Рис. 3 – Результаты теоретического исследования интенсивности абразивного износа

Данные графики показывают, что с увеличением угла воздействия абразива на материал износ увеличивается. В данных зависимостях диапазон угла был ограничен 0° - 30° , так как дальнейшее увеличение угла воздействия абразивных частиц исключает протекание процесса абразивного износа. Полученные теоретические зависимости подтверждаются экспериментальными данными, изложенными в работе [4].

Выводы

Предложенный метод решения обладает достаточной точностью для выполнения инженерных расчётов. Он позволяет определить количество абразивного износа любого полимерного материала на основе полиуретана, а также дает возможность выбора механических свойств защитного материала, в частности подбора и состава наполнителей композитного материала.

Список использованных источников:

1. Бродский Г.С. Деградация гидравлических насосов и моторов при абразивном износе полидисперсным загрязнителем / Г.С. Бродский // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2006. – №2. – С. 51-57.
2. Ибатуллин И.Д. Кинетика усталостной повреждаемости и разрушения поверхностных слоев / И.Д. Ибатуллин. – Самара : Самар. гос. техн. ун-т., 2008. – 387 с.
3. Путилов В.Я. Расчет абразивного износа трубо-проводов пневмотранспортных установок золы и угольной пыли ТЭС / В.Я. Путилов, И.В. Путилова // Теплоэнергетика. – 2003. – №9. – С. 60-67.
4. Исследование абразивоустойчивости защитного материала для деталей перекачивающего оборудования / Е.В. Дашко [и др.] // Тезисы докладов международной научно-технической конференции «Университетская наука-2014». – Мариуполь, 2014. – Т. 3. – С. 41-42.
5. Лебедев И.К. Золовой износ в котельных установках и борьба с ним / И.К. Лебедев // Электрические станции. – 1958. – №11. – С. 22-25.
6. Целиков А.И. Механизмы прокатных станов / А.И. Целиков. – М. : Машгиз, 1946. – 272 с.

Bibliography:

1. Brodsky G.S. Degradation of hydraulic pumps and motors under abrasive wear multisize pollutant / G.S. Brodsky // Mountain information-analytical bulletin (scientific and technical journal). – 2006. – №2. – P. 51-57. (Rus.)
2. Ibatullin I.D. Kinetics of fatigue of damage and destruction of the surface layers. – Samara: Samara state. tehn. univ., 2008. – 387 p. (Rus.)
3. Putilov V.Y. Calculation abrasion tube-wire pneumatic systems ash and pulverized coal thermal power plant / V.Y. Putilov, I.V. Putilova // Thermal Engineering. – 2003. – №9. – P. 60-67. (Rus.)
4. Investigation of abrasion resistance of protective material to components pumping equipment / E.V. Dashko [et al.] // Theses of reports International scientific and technical conference «University science-2014». – Mariupol, 2014. – V. 3. – P. 41-42. (Rus.)
5. Lebedev I.K. Ash wear in boilers and control of / I.K. Lebedev // Power Station. – 1958. – №11. – P. 22-25. (Rus.)
6. Tselikov A.I. Mechanisms of rolling mills / A.I. Tselikov. – M. : Mashgiz, 1946. – 272 p. (Rus.)

Рецензент: В.В. Суглобов
д-р техн. наук, проф., ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 23.02.2015

УДК 621.924.1

© Струтинский В.Б.¹, Ищенко Е.А.², Гришко В.П.³, Воробьев Д.А.⁴

**О ВОССТАНОВЛЕНИИ НАПРАВЛЯЮЩИХ СТАНКОВ С ПОМОЩЬЮ
ПОЛИМЕРНОГО МАТЕРИАЛА**

В лабораторных условиях выполнено восстановление направляющих на крестовом суппорте токарно-автоматического комплекса ПАБ 130 с помощью полимерного материала, и на специально созданном экспериментальном стенде с использованием АЦП и ПК выполнены замеры силы перемещения суппорта с последующим определением коэффициента трения.

Ключевые слова: станок, суппорт, направляющие суппорта, коэффициент трения, полимерный материал, моглайс.

Струтинський В.Б., Іщенко О.А., Гришко В.П., Воробйов Д.А. Про відновлення напрямних верстатів за допомогою полімерного матеріалу. В лабораторних умовах виконано відновлення напрямних на хрестовому супорті токарно-автоматичного комплексу ПАБ 130 за допомогою полімерного матеріалу, і на спеціально створеному експериментальному стенді з використанням АЦП і ПК виконані вимірювання сили переміщення супорта з наступним визначенням коефіцієнта тертя.

Ключові слова: верстат, супорт, направляючі супорта, коефіцієнт тертя, полімерний матеріал, моглайс.

V.B. Strutinsky, O.A. Ischenko, V.P. Grishko, D.A. Vorobyov. Machine guides restoration by using a polymeric material. The restoration of slide rest guides of the automatic lathe PUB 130 was made by using a polymeric material in the laboratory, and the meas-

¹ д-р техн. наук, професор, НТУУ «Київський політехнічний інститут», г. Київ, kvm_mmi@mail.ru

² аспірант, НТУУ «Київський політехнічний інститут», г. Київ, anvolady@i.ua

³ ст. науч. сотр., ГВУЗ «Приазовський державний технічний університет», г. Маріуполь, ischenko@pstu.edu

⁴ студент, ГВУЗ «Приазовський державний технічний університет», г. Маріуполь, dormitory@i.ua