

УДК 622.532:620.169.1

## АНАЛИЗ ПРИЧИН НЕДОСТАТОЧНОЙ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ НАСОСОВ ДЛЯ ГИДРОАБРАЗИВНЫХ СМЕСЕЙ

В.Г. Космин<sup>1</sup>, С.Т. Пацера<sup>2</sup>, В.В. Процив<sup>3</sup>

<sup>1</sup>преподаватель, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина, e-mail: [vla-kosmin@yandex.ru](mailto:vla-kosmin@yandex.ru)

<sup>2</sup>кандидат технических наук, профессор кафедры технологии горного машиностроения, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина, e-mail: [witiw@rambler.ru](mailto:witiw@rambler.ru)

<sup>3</sup>доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии горного машиностроения, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина, e-mail: [protsiv@ukr.net](mailto:protsiv@ukr.net)

**Аннотация.** Проведен анализ недостаточной износостойкости деталей насосов для гидроабразивных смесей. Предложены пути повышения износостойкости деталей прочной части насосов на основе применения штампованных деталей взамен литых, а также композиционных материалов на основе углерод-углерода.

*Ключевые слова:* насос, гидроабразивная смесь, износостойкость.

## ANALYSIS OF REASONS OF INSUFFICIENT WEAR RESISTANCE OF PUMPS WATERJET MIXES

V. Kosmin<sup>1</sup>, S. Patsera<sup>2</sup>, V. Protsiv<sup>3</sup>

<sup>1</sup>teacher, State higher educational institution “National mining University, Dnepropetrovsk”, Ukraine, e-mail: [vla-kosmin@yandex.ru](mailto:vla-kosmin@yandex.ru)

<sup>2</sup>Ph.D., Associate Professor of Mining Engineering Department, State higher educational institution “National mining University, Dnepropetrovsk”, Ukraine, e-mail: [witiw@rambler.ru](mailto:witiw@rambler.ru)

<sup>3</sup>Doctor of technical Sciences, Head of Mining Engineering Department, State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: [protsiv@ukr.net](mailto:protsiv@ukr.net)

**Abstract.** The analysis of the lack of wear parts pumps waterjet mixtures. Ways of improving the durability of the parts flow pump through the use of forged parts to replace the cast, as well as composite materials based on carbon-carbon.

*Keywords:* pump, waterjet mixture, wear resistance.

**Введение.** Для горной отрасли остается актуальным вопрос долговечности насосного оборудования, в первую очередь пульповых насосов. Они работают с материалом средней и высокой степени абразивности и устанавливаются в технологических линиях дробления, после мельниц первой

и второй стадий измельчения, при высоконапорной транспортировке концентратов и хвостов обогатительных фабрик и др. Перекачивание подобных материалов связано с ускоренным износом отдельных деталей пульповых насосов, частым ремонтом и заменой [1].

**Цель работы** состоит в анализе причин недостаточной износостойкости деталей насосов для гидроабразивных смесей, применяемых методов ее повышения для выработки новых конструкторско-технологических решений в этой области.

**Материал и результаты исследований.** Современными машиностроительными компаниями предлагается достаточно широкий ассортимент насосного оборудования в том числе [1]:

- насосы типа ГрА, ГраУ, ГрТ Бобруйского машиностроительного завода, предназначенные для перекачивания абразивных гидросмесей плотностью до  $1600 \text{ кг/м}^3$ , температурой до  $70^\circ\text{C}$ , максимальным размером твердых включений до 25 мм и объемной концентрацией до 30 %;

- насосы конструкции Warman, группы фирм компании Weir Group; диапазон рабочих условий этих насосов достаточно широк, например, для тяжелых условий эксплуатации предназначена модель АН с размерами всасывающего и нагнетательного патрубков до 20 и 18 дюймов соответственно и выше (рисунок 1);

- насосы крупной компании Metso Minerals (рисунок 2); из большого семейства шламовых насосов Metso Minerals для тяжелых условий эксплуатации предназначены насосы серии X, а для средних и легких – насосы серий Н и М;

- насосы американской компании Krebs, отличительной особенностью которых является новая запатентованная конструкция всасывающего участка насоса, существенно уменьшающая внутреннюю рециркуляцию внутри проточной части насоса;

- насосы компании GIW, являющейся в настоящее время частью компании KSB, которые имеют широкую область применения и маркируются LCC, LCV, LSA, LSR, MEGA и WBC.

Кроме вышеназванных насосов имеются и другие, производимые другими компаниями, например, Habermann, Zulser, Ahlstrom, Flygt, Ritz, Damen Dredging, Flowserve [1].

Несмотря на то, что разработчики и изготовители насосов постоянно работают над повышением долговечности насосов, вопрос не становится менее актуальным. Как отмечается в работах [2, 3], основными факторами, определяющими потерю рабочих характеристик, являются:

1. Гидроабразивное изнашивание узлов проточной части, приводящее к увеличению объемных потерь, разбалансировке роторов и росту вибрации, потере рабочих характеристик.
2. Коррозионное изнашивание деталей насосов под действием вод, в большинстве своем являющимися химически активными средами.
3. Кавитационное изнашивание, приводящее к скачкообразному росту вибрации и разрушению деталей проточной части.



Рисунок 1 – Насос конструкции Warman серии AN для тяжелых условий эксплуатации [1]

Основные меры повышения износостойкости узлов проточной части, примененные известными разработчиками, показаны в таблице 1.



Рисунок 2 – Насос Metso Minerals в процессе сборки [1]

Таблица 1 – Основные способы повышения износостойкости проточной части насосов, применяемые их производителями

Марка насоса или фирма	Конструкторско-технологические решения
ГрА, ГраУ, ГрТ Бобрыйского машиностроительного завода	Проточная часть может изготавливаться из сверхтвердых сплавов, абразивного материала на органической связке, резины и полиуретана
Metso Minerals	<p>Выпускаются как с резиновой футеровкой, так и с металлической внутренней поверхностью корпуса и относятся соответственно к типам XR, XM, HR, HM, MR и MM.</p> <p>Стандартные изнашиваемые детали изготавливаются из натуральной резины (Эластаслайд и др.) или твердых сплавов (Метахром, Метахард, Металсайз и др.), а также из синтетической резины и каучука</p>
Krebs	<p>Новая запатентованная конструкция всасывающего участка насоса, существенно уменьшающая внутреннюю рециркуляцию внутри проточной части насоса.</p> <p>Насос миллМАКС компании «Кребс» имеет литой металлический корпус и металлическое рабочее колесо, насос слариМАКС – резиновую футеровку корпуса и металлическое рабочее колесо. Металлические детали изготавливаются из высокохромистых сплавов, получивших наименование Кребсаллой, резиновые – из натуральной резины</p>
LCC-M компании «Джи Ай Дабл Ю» (GIW),	<p>Насосы LCC-M этой компании имеют однокорпусную конструкцию, используют для изнашиваемых деталей высокопрочный материал Gasite.</p> <p>Насосы LCC-R футерованы резиной, имеют размеры нагнетательного патрубка до 12 дюймов, расход до 2260 м<sup>3</sup>/час и напор до 45 м вод. ст. Возможно изготовление рабочих колес из полиуретана</p>
Habermann	<p>Насосы, предназначенные для перекачки высокоабразивных шламов и песчаных частиц, маркируются NP и NPK, а для перекачки крупных, в том числе гравийных частиц до 100 и более миллиметров – KB и KBP.</p> <p>Материал HBN450VG, используемый для изготовления металлических деталей этих насосов, имеет твердость по Бринеллю, равную 650 единицам</p>

## Продолжение таблицы 1

WARMAN	<p>Изнашиваемые части предлагаются как из твердых высокохромистых сплавов (напр., Hyperchrome® A61 и Ultrachrome® AS1), так и из различных литых эластомеров.</p> <p>Наряду с улучшениями гидравлической конструкции продолжается работа по улучшению свойств материалов изнашиваемых деталей. Наибольшее распространение получили насосы с металлической внутренней поверхностью и натуральной резиновой футеровкой, но известны примеры использования полиуретана, синтетической резины и керамики. Материал металлических изнашиваемых деталей представляет собой обычно сплав железа и углерода с высоким содержанием хрома (в пределах от 23 до 30 %) и различными легирующими добавками. При изготовлении подобных материалов используют вакуумное литье. В результате декларируемые величины твердости по Бринеллю достигают 750 и более. Натуральная резиновая футеровка менее прочна, но более эластична и упруга</p>
--------	--

Исследования WARMAN в области обеспечения износостойкости наиболее показательны [2]. Отмечается, что различные материалы, применяемые при производстве насосов, ведут себя при абразивном износе по-разному. Износостойкость белых чугунов зависит от двух главных компонентов их состава: карбида и матрицы. Обычно матрица (как правило, мартенсит с включениями аустенита) разрушается с большей скоростью, чем карбиды. Это хорошо видно на фотографии, полученной при помощи сканирующего электронного микроскопа (СЭМ), как это видно на рисунке 3.

Процесс износа начинается с появления микрораковин между карбидом и матрицей. Образование раковин — это результат отрыва матрицы от карбида, который происходит в момент удара частицы. По мере того, как частицы продолжают воздействовать на поверхность, микрораковины расширяются и объединяются. Менее прочная матрица разрушается в первую очередь. Позже сочетание незащищенных и не скрепленных матрицей карбидов и наличие микротрещин приводит к постепенному удалению (размыву) карбидов.

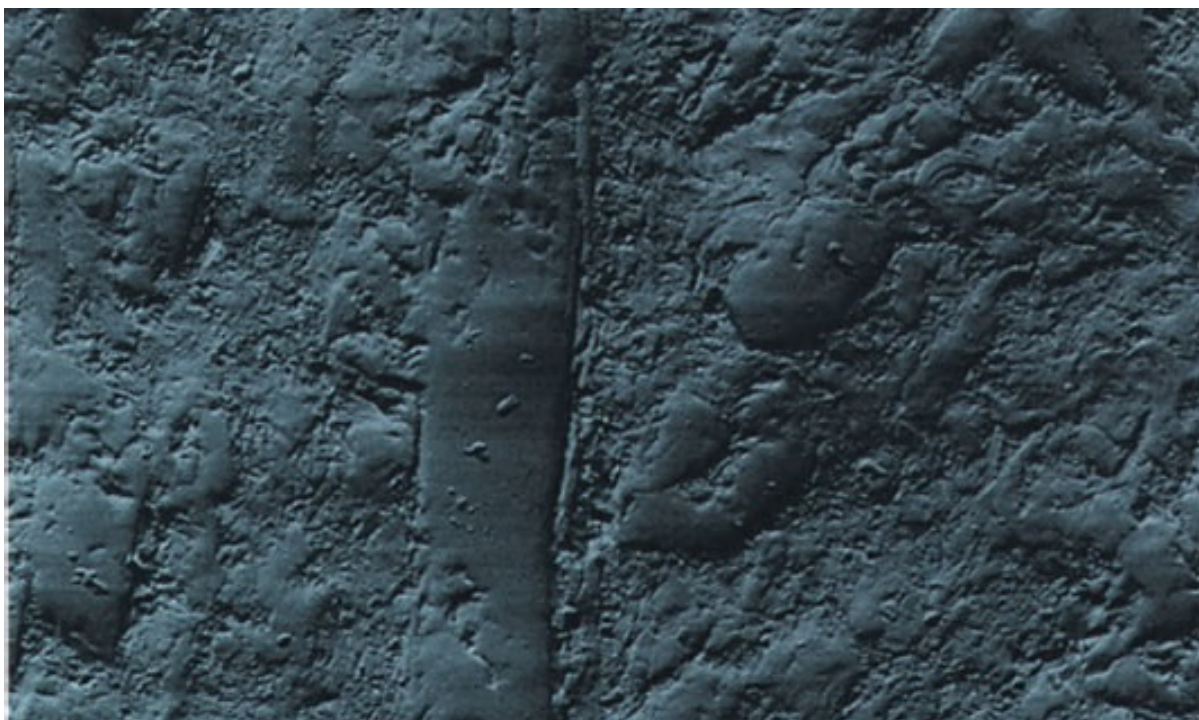


Рисунок 3 – Снимок поверхности детали проточной части из сплава HYPERCHROME® A12, полученный при помощи сканирующего электронного микроскопа[4]

В эластомерах (в особенности в резине) процесс износа обычно сопровождается удлинением материала в точке контакта с частицей с последующим растяжением и деформацией остального материала в выступ.

Последовательные столкновения частиц с поверхностью керамики приводят к возникновению трещин и их распространению в процессе работы. По мере углубления трещин частички керамики отламываются, накапливается усталостная деформация, и происходит постепенное разрушение. В моменты мощных столкновений могут появляться глубокие трещины и происходить разлом материала. Механизм удаления частиц материала из керамики зависит от ее композиции и внутренней микроструктуры и специфичен для различных видов керамики.

Износ поверхностей может быть равномерным (с гладкой или грубой полировкой), квазиравномерным (волнистая поверхность) или локальным (локальные канавки или точечная эрозия) [2].

Для обнаружения влияния геометрии частей на износ в различных деталях насоса WARMAN проводит эксперименты на специальном стенде. Основное направление этой экспериментальной работы — разработка математических методов прогнозирования специфических видов износа.

**Вывод.** Резюмируя вышеизложенное, можно отметить, что компании, производящие насосное оборудование, предлагают современным предприятиям достаточно широкий выбор насосов с различными техническими характеристиками и износостойкостью деталей.

Но, тем не менее, нельзя утверждать, что использованы все резервы повышения износостойкости проточной части шламовых насосов. К таким резервам можно отнести замену литых конструкций лопастных колес насосов на сборные, состоящие, например, из штампованных или штампованных элементов, из деталей легированного проката с высокой поверхностной твердостью.

Представляется также перспективным применение новых конструкторско-технологических решений на основе применения композиционных материалов на основе углерод-углеродных составляющих, которые широко применяются в конструкциях проточной части сопел твердотопливных ракетных двигателей, подвергающихся интенсивному эрозионному воздействию [5].

Предложенные направления повышения износостойкости проточной части насосов потребует безусловно проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кондрашов В.И. Краткий обзор современных пульповых насосов. [Электронный ресурс]. URL: <http://library.stroit.ru/articles/pulpnas/index.html> (дата обращения: 05.05.2015).

2. Федосеев А.Ю. Исследования WARMAN в области шламовых насосов / А.Ю. Федосеев, Я.В. Тимофеев // Горная промышленность: научно-технический журнал. — 1999. — № 2 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mining-media.ru/ru/article/newtech/2021-issledovaniya-warman-v-oblasti-shlamovykh-nasosov.htm> (дата обращения: 05.05.2015).

3. Алиев Н. А. Развитие научных основ создания корпусно-секционных шахтных насосов повышенной долговечности: дис. доктора техн. наук: 05.05.06 Горные машины Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук/ Алиев Натикбек Алиевич. / – Донецк. Научно-исследовательский институт горной механики имени М.М.Федорова, 2006 – 375 с.

4. С. Walker, K. Burgess, K. Dolman, A. Roudnev (2009) Wear in slurry pumps. / Minerals Technical Bulletin - Bulletin #9 - Version 2 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.weirminerals.com/PDF/Technical%20Bulletin%20v.2.%20-%20082109.pdf> (дата обращения: 05.05.2015).

5. Фахрутдинов И.Х. Конструкция и проектирование ракетных двигателей твердого топлива / И.Х. Фахрутдинов, А.В. Котельников / – М.: Машиностроение, 1987. – 328 с.