

6
А-62

руководит
руководит

Министерство высшего и среднего специального
образования Р С Ф С Р

Магнитогорский горно-металлургический институт
им. Г. И. Носова

На правах рукописи

Инженер А. И. Никулин

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
И КОНСТРУКЦИОННОЙ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ НАСАДКОВ
ВЫСОКОНАПОРНЫХ ГИДРОМОНИТОРОВ С ЦЕЛЬЮ ИХ
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ

Специальность 05173 -
Горная электромеханика

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Магнитогорск 1971

+

Министерство высшего и среднего специального
образования Р С Ф С Р
Магнитогорский горно-металлургический институт
им. Г. И. Носова

На правах рукописи

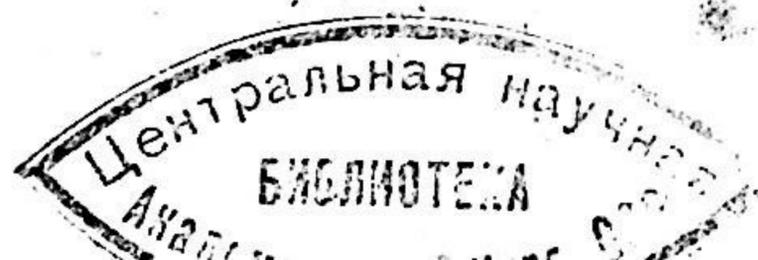
Инженер А. И. Никулин

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
И КОНСТРУКЦИОННОЙ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ НАСАДКОВ
ВЫСОКОНАПОРНЫХ ГИДРОМОНИТОРОВ С ЦЕЛЬЮ ИХ
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ

Специальность 05173 -
Горная электромеханика

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Магнитогорск 1971



Работа выполнена в лаборатории технологии изготовления новых машин и износа ВНИИГидроуголь. Промышленные испытания проводились на гидрошахтах Кузбасса треста "Кузбассгидроуголь" комбината "Джузбассуголь".

Научный руководитель - доктор технических наук
профессор БОРОХОВИЧ А.И.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук
профессор ПОКРОВСКАЯ В.Н.

кандидат технических наук
доцент АКСЕНОВ М.И.

Ведущее предприятие - трест "Кузбассгидроуголь".

Автореферат разослан "12" октября 1971 г.

Защита диссертации состоится "15" ноября 1971 г.
на заседании Ученого совета Магнитогорского горно-металлургического института им. Г.И. Носова.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Просим Вас и Ваших сотрудников, интересующихся темой диссертации, принять участие в заседании Ученого совета МГМИ им. Г.И. Носова.

Отзыв на автореферат в двух экземплярах, заверенный печатью учреждения, просим направить Ученому совету института по адресу:

г. Магнитогорск, Челябинской обл., пр. Ленина, 38, МГМИ
им. Г.И. Носова, индекс 455000.

Ученый секретарь совета
М Г М И -

 (ШУХИН В.Н.)

В В Е Д Е Н И Е

"Главная задача пятилетки состоит в том, - подчеркнул в своем докладе на XXIV съезде КПСС Леонид Ильич Брежнев, - чтобы обеспечить значительный подъем материального и культурного уровня жизни народа на основе высоких темпов развития социалистического производства, повышения его эффективности, научно-технического прогресса и ускорения роста производительности труда".

Технический прогресс в ведущих отраслях промышленности, в первую очередь, угольной, горнодобывающей, металлургической и строительной характеризуется широким внедрением гидромеханизации и гидротранспорта. Поскольку машины и оборудование гидромеханизации и гидротранспорта работают в сложных условиях эксплуатации (резкие колебания нагрузок, агрессивность и абразивность среды), то обеспечение их надежности и долговечности связано прежде всего с повышением конструкционной износостойкости быстроизнашиваемых деталей и узлов.

К быстроизнашиваемым деталям оборудования, применяемого при подземной разработке угольных месторождений гидравлическим способом, следует, прежде всего, отнести насадки высоконапорных гидромониторов, которые служат для окончательного формирования гидравлических струй.

Существенный вклад при разработке теории формирования гидромониторных струй и методов совершенствования гидромониторных насадков внесли советские ученые и специалисты Никонов Г.П., Фидман Б.А., Шавловский С.С., Хныкин В.Ф., Роер Г.Н., Цяпко Н.Ф., Чапка А.М., Тер-Степанов Г.А.,

Сухаревский В.М., Платонов В.С., Ковальский В.Д., Удалых Д.И., Верещагин Л.Ф. и другие. Благодаря их исследованиям было установлено, что правильная форма и высокий класс чистоты поверхности рабочих каналов насадков позволяют увеличить дальность струй и эффективность гидравлического разрушения угля и горных пород, а применение износостойких материалов для их изготовления обеспечивает стабильность чистоты поверхности рабочих каналов и высокую работоспособность струй в течение длительного времени.

Однако вопросы эксплуатационной эффективности и конструкционной износостойкости насадков высоконапорных гидромониторов не нашли должного решения. До сих пор в технической литературе отсутствуют установившиеся взгляды по вопросу выбора профиля рабочего канала, конструкционного материала и технологии изготовления насадков. В результате срок службы насадков не превышает трех часов работы гидромонитора при давлении воды 100-150 ати ($10-15 \text{ мн/м}^2$), что практически соответствует аварийному износу.

В связи с этим, цель настоящей работы - исследовать характер взаимодействия технологической воды со стенками рабочих каналов насадков, раскрыть природу и механизм разрушения, вызванного этим взаимодействием, и обоснованно принять оптимальное решение с точки зрения конструкции, материала и технологии изготовления насадков высоконапорных гидромониторов.

Перспективы развития гидромеханизации и широкое использование машин с гидравлическим исполнительным органом для добычи каменного угля, различных руд и нерудных строительных

материалов как подземным, так и карьерным способом определяют актуальность данной работы.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, приложения и содержит 154 страницы машинописного текста, 40 рисунков и 10 таблиц.

В первой главе дан анализ условий эксплуатации гидромониторных насадков и приводится краткий обзор литературы по вопросам износа оборудования гидромеханизации, а также сформулированы задачи исследования.

Установлено, что характерным для условий эксплуатации гидромониторных насадков, применяемых при подземной разработке угольных месторождений гидравлическим способом, является наличие в технологической воде кроме частиц угля очень мелких - от 0,1 мм до нескольких долей микрона - минеральных частиц, обладающих высокой твердостью (1200 кгс/мм^2). Эти частицы являются самыми агрессивными и обуславливают высокие темпы изнашивания насадков и других деталей оборудования гидромеханизации.

В настоящее время известно большое число работ, авторы которых, исследуя процессы изнашивания деталей машин и оборудования гидромеханизации, добились значительных успехов. В работах Аристова Ю.К., Бороховича А.И., Богданова В.Я., Васильева Н.А., Геллинадзе Н.А., Дульнева В.Б., Животовского П.С., Кожевниковой Е.И., Карелина В.Я., Ляшевича В.В., Нурка Г.Т., Орахелашвили М.М., Офенгендена Н.Е., Покровской В.Н., Тылаева Н.И., Смайловской П.А., Смолдырева А.Е.,

Турчанинова С.П. и других установлено, что интенсивность изнашивания деталей оборудования гидромеханизации зависит не только от соотношения физико-механических свойств твердых частиц и материала деталей, но и от характера взаимодействия гидропотока с изнашиваемой поверхностью, который в значительной мере определяется формой детали. Поэтому принято различать износостойкость материала, как характеристику его сопротивления изнашиванию и конструкционную износостойкость, определяющую сопротивление изнашиванию натурной детали в реальных условиях эксплуатации.

Работы Билика Ш.М., Гавранека В.В., Гликмана Л.А., Крагельского И.В., Козырева С.П., Кащеева В.Н., Клейса И.Р., Тененбаума М.М., Тиммербулатова М.Г., Хруцова М.М. и Бабицева М.А., Веллингера Н. и Уетца Г., Штауффера В. и ряда других ученых и исследователей позволили выявить многие закономерности гидроабразивного износа и получить сведения об износостойкости материалов.

Однако по исследованию конструкционной износостойкости деталей машин успехи скромнее.

Из обзора литературы можно сделать вывод о том, что исследования конструкционной износостойкости насадков высоконапорных гидромониторов немногочисленны, а полученные результаты все еще недостаточны, чтобы принять оптимальное решение в отношении формы профиля их рабочих каналов, материала и технологии изготовления.

На основании изложенного были поставлены следующие основные задачи данной работы:

1. Исследование характера взаимодействия технологической воды со стенками рабочих каналов насадков.

2. Теоретическое и экспериментальное исследование процесса изнашивания рабочих каналов насадков.

3. Изучение физической сущности явлений, происходящих на изнашиваемых поверхностях рабочих каналов насадков в зависимости от природы материала.

4. Теоретическое обоснование природы и механизма разрушения рабочих каналов насадков, изготовленных из различных материалов.

5. Выбор износостойкого материала для изготовления насадков и проверка его в реальных условиях эксплуатации.

6. Разработка технологии изготовления насадков, обладающих высокой эксплуатационной эффективностью и конструкционной износостойкостью, и внедрение ее в производство.

Решение этих задач осуществлялось путем научного обобщения литературных данных и проведения комплексных исследований как в лабораторных условиях, так и при испытании опытно-промышленных образцов насадков в условиях эксплуатации.

Во второй главе описывается методика исследований, экспериментальные установки и методы исследований.

Для исследования технологической воды были применены: метод химического анализа, в результате которого определялся водородный показатель, содержание анионов и катионов и метод рентгеноструктурного анализа сухого остатка проб воды с количественным определением содержания минеральных примесей.

Исследования характера взаимодействия воды со стенками рабочих каналов насадков проводились на лабораторном стенде. В качестве материала для изготовления экспериментальных образцов насадков было принято органическое стекло. Оно достаточно прочно, хорошо полируется и прозрачно, что позволило зафиксировать кино съемочной камерой СКС-1М-16 характер взаимодействия воды со стенками рабочих каналов насадков.

Исследования износостойкости материалов проводились на лабораторных установках, позволяющих изнашивать лабораторные образцы как при скольжении, так и при ударном действии гидропотока.

Для проведения испытаний в условиях эксплуатации служили опытно-промышленные образцы насадков, изготовленные из различных материалов по 10-15 штук в каждой партии.

Наблюдения за состоянием поверхности рабочих каналов проводились путем осмотра и фотографирования с увеличением изношенных поверхностей рабочих каналов насадков.

Структура материала исследовалась в поверхностных слоях рабочих каналов насадков до и после износа. Объектами исследований служили микрошлифы, вырезанные в местах характерных износов. Исследование микроструктуры проводилось на микроскопе МИМ-8. Для получения дополнительных сведений производилось определение микротвердости вблизи к изношенной поверхности на приборе МПТ-3.

В третьей главе диссертации приводятся результаты исследований характера взаимодействия воды со стенками рабочих каналов насадков, имеющих цилиндрическую, коническую, коническо-

цилиндрическую и коноидальную форму профиля. Исследовалось влияние на характер взаимодействия воды со стенками рабочих каналов угла конусности, чистоты обработки, формы профиля и длины рабочего канала. Было установлено:

1. В цилиндрических и конических насадках с цилиндрическим участком на конце образование пограничного слоя происходит у сопряжения входного участка с цилиндрической частью и соответственно конической части с цилиндрической. Сразу же после образования пограничного слоя движение в нем носит ламинарный характер, но на некотором расстоянии от места сопряжения происходит переход ламинарного движения в турбулентное. Длина переходного участка зависит от давления перед насадком и может быть вычислена по формуле, предложенной В.Ф.Хныкиным:

$$L_n = \frac{Re \nu}{U_0}, \quad (1)$$

где L_n - длина переходного участка пограничного слоя в цилиндрической части насадка;

Re - число Рейнольдса;

ν - кинематический коэффициент вязкости жидкости;

U_0 - скорость истечения струи из насадка.

Из формулы (1) следует, что с увеличением скорости истечения струи длина переходного участка пограничного слоя уменьшается, следовательно, необходимо уменьшить и длину цилиндрической части насадка, чтобы выходное сечение не попадало в область турбулентного слоя.

Наши исследования показали, что с уменьшением длины ци-

цилиндрического участка уменьшается "выравнивающая" способность насадка и ухудшается компактность струи. Поэтому во всех случаях при определении расчетной длины цилиндрической части насадка необходима экспериментальная проверка.

2. В конических насадках зоны вихреобразований зафиксированы в области выходного сечения. Уменьшение угла конусности позволяет уменьшить зону вихреобразований. Однако с уменьшением угла конусности увеличивается длина рабочего канала насадка, а следовательно, и величина его поверхностного сопротивления, что приводит к снижению динамических характеристик струи.

3. Минимальные турбулентные возмущения наблюдались в коноидальных насадках длиной $L = 150$ мм, профиль рабочих каналов которых очерчен кривой:

$$y = \frac{1}{\sqrt{1/a^2 + x/L(1/b^2 - 1/a^2)}}, \quad (2)$$

- где y - радиус сечения насадка;
 x - расстояние по оси (X) от начала насадка;
 L - длина насадка;
 a - радиус сечения насадка на входе;
 b - радиус сечения насадка на выходе.

В результате экспериментов и промышленной проверки установлено, что длина рабочего канала коноидального насадка $L = 150$ мм является оптимальной.

4. С помощью скоростной съемки было зафиксировано, что образованию турбулентных вихрей и кавитационных пузырьков способствуют выступы, впадины и случайные царапины на стенках

рабочих каналов насадков. Турбулентные возмущения вовлекают в вихревое движение твердые частицы. Вихри, содержащие твердые частицы, обладают большим изнашивающим воздействием, которое отличается двумя особенностями. Во-первых, при прокручивании вихря твердые частицы, прижимаясь под действием центробежной силы к поверхности рабочего канала, вызывают износ от скользящего воздействия. Во-вторых, при распаде вихрей происходит износ рабочих каналов насадков в результате ударного воздействия твердых частиц и объемов жидкости.

Таким образом, износ рабочих каналов насадков является следствием как скользящего, так и ударного воздействия твердых частиц. Это подтверждается характером рельефа изношенной поверхности рабочих каналов насадков.

Сначала на полированной поверхности рабочего канала от скользящего воздействия твердых частиц, вовлеченных в вихревое движение, образуются углубления волнистой формы, на дне которых наблюдаются характерные для процесса микрорезания риски и блеск. Возникшая волнистость способствует еще более интенсивному вихреобразованию и развитию кавитации, в результате которой происходит разрушение поверхности рабочего канала с образованием глубоких раковин.

Четвертая глава посвящена исследованию процесса изнашивания насадков и выбору износостойкого материала для их изготовления.

Поведение материала насадков в процессе изнашивания может быть рассмотрено в свете теории абразивного изнашивания материалов, предложенной М.М.Тененбаумом, суть которой сводится

к следующему. Благодаря разнообразию форм, размеров, механических свойств твердых частиц, их различного энергетического уровня и угла атаки в поверхностных слоях материала насадков возникает спектр контактных напряжений. Наличие спектра контактных напряжений определяет возможность протекания различных видов разрушения поверхностного слоя рабочих каналов насадков. Из них наиболее интенсивными являются процессы прямого разрушения хрупкого или вязкого характера. Значительно менее интенсивными являются многоцикловые процессы разрушения: полидеформационный и усталостный. Кроме этого, в результате механического действия твердых частиц, генерируемого при ударе тепла и реакций с окружающей средой, возможно механическое, тепловое, адсорбционное и химическое разупрочнение материала в микрообъемах. Так что в конечном итоге, изнашивание рабочих каналов насадков определяется комбинацией формирующихся процессов разрушения и разупрочнения поверхностного слоя материала, из которого они изготовлены. В реальных условиях эксплуатации на каждом материале в зависимости от его прочностных свойств формируется тот или иной вид разрушения, интенсивность протекания которого и определяет конструктивную износостойкость насадков.

С целью исследования зависимости износостойкости материалов от механических свойств нами были проведены экспериментальные исследования износостойкости высокохромистых чугунов в условиях скользящего и ударного воздействия твердых частиц на изнашиваемую поверхность.

Такой выбор был сделан потому, что механические свойства

высокохромистых чугунов можно менять в широких пределах за счет изменения в их химическом составе содержания углерода и хрома.

Содержание углерода в исследуемых нами чугунах изменялось от 2 до 4% включительно через каждые 0,5%, а хрома - от 12 до 24% через каждые 3% (см. табл.1).

Т а б л и ц а 1
Химический состав исследуемых чугунов

Нумерация плавки по содержанию углерода	Содержание углерода, %	Нумерация плавки по содержанию хрома				
		1	II	III	IV	V
		Содержание хрома, %				
1	2,0-2,10	12,03	14,60	17,60	21,20	23,80
2	2,48-2,60	11,60	14,70	17,60	20,80	23,70
3	2,95-3,10	12,00	15,00	18,40	21,40	24,70
4	3,45-3,55	12,00	14,50	17,00	20,50	25,00
5	3,90-4,00	12,26	14,80	18,85	21,30	24,00

Содержание кремния в плавках колебалось в пределах 0,6-1%, марганца 0,5-1%, фосфора до 0,15% и сери до 0,06%.

Результаты, полученные при испытании на гидроабразивный износ под воздействием скользящего потока, свидетельствуют о том, что в данном случае обнаруживается довольно четкая зависимость относительной износостойкости от твердости (см. рис.1 и 2): с увеличением твердости износостойкость чугуна повышается.

В условиях ударного воздействия увеличение твердости чугуна не всегда приводит к увеличению износостойкости. Например,

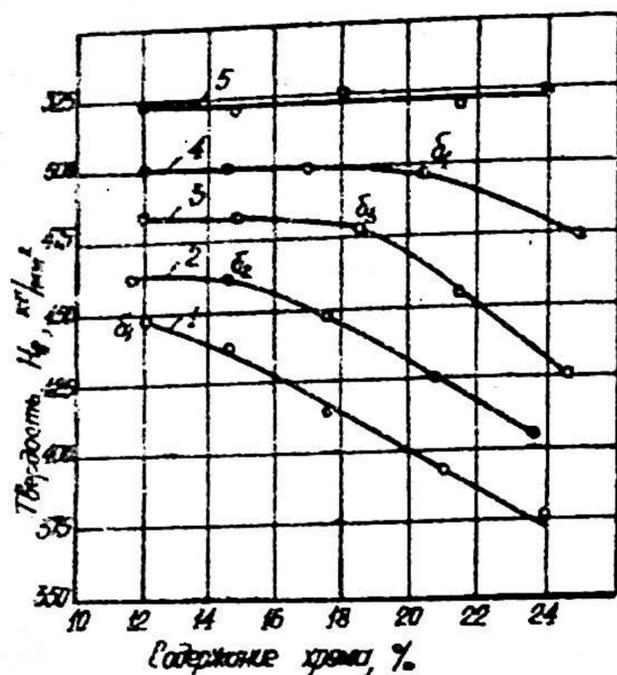


Рис.1. График зависимости твердости чугуна от содержания в нем хрома:
1,2,3,4,5-при содержании углерода в чугуне, равном соответственно 2-2,1; 2,48-2,6; 2,95-3,1; 3,4-3,5 и 3,9-4%

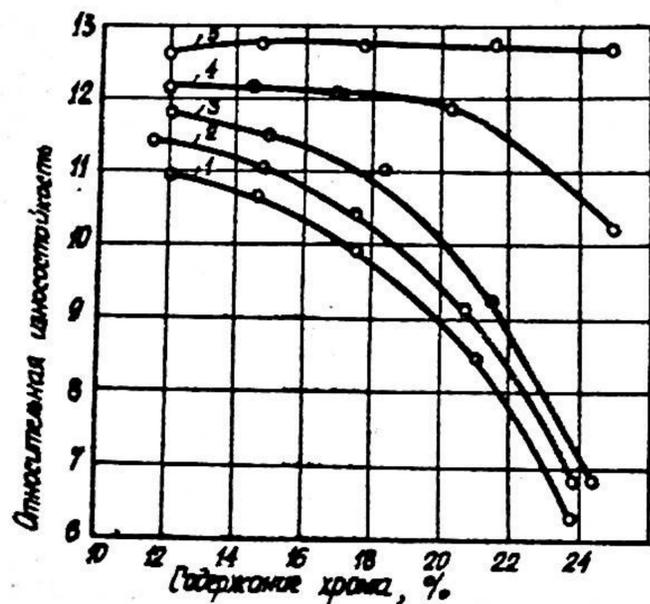


Рис.2. График зависимости относительной износостойкости чугуна от содержания в нем хрома при скользящем воздействии твердых частиц:
1,2,3,4,5-при содержании углерода в чугуне, равном соответственно 2-2,1; 2,48-2,6; 2,95-3,1; 3,4-3,5 и 3,9-4%

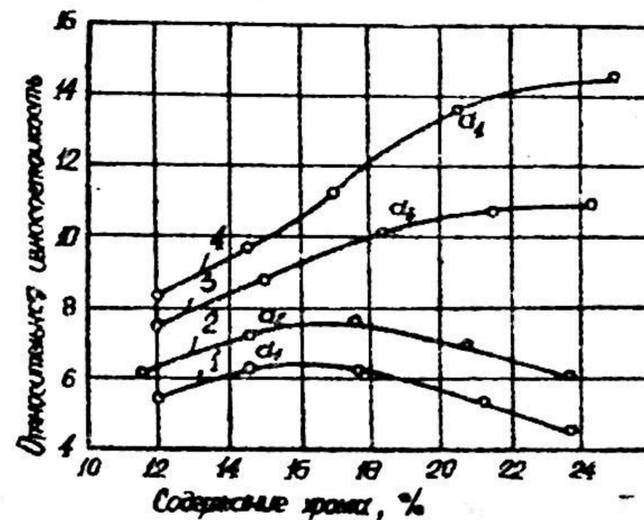


Рис.3. График зависимости относительной износостойкости чугуна от содержания в нем хрома при ударном воздействии твердых частиц:
1,2,3,4 - при содержании в чугуне углерода, равном соответственно 2-2,1; 2,48-2,6; 2,95-3,1 и 3,4-3,5

твердость чугунов, содержащих 2,95-3,10% и 3,45-3,55% углерода, с повышением содержания хрома снижается (см.рис.1), а износостойкость их непрерывно растет (см.рис.3).

Следовательно, при ударном характере абразивного воздействия не во всех случаях предельно высокая твердость отвечает максимальной износостойкости материала, как это имеет место при скользящем воздействии абразивных частиц на изнашиваемую поверхность.

В случае ударного воздействия твердых частиц силу удара каждой частицы P , направленную под некоторым углом α к изнашиваемой поверхности можно разложить на две составляющие:

перпендикулярную поверхности

$$P_y = P \cdot \sin \alpha$$

и параллельную поверхности

$$P_z = P \cdot \cos \alpha.$$

Максимальные контактные напряжения, возникающие в поверхностном слое материала от действия силы P_y , могут быть определены по формуле Герца

$$\sigma_{\max} = 0,167 \gamma^{1/5} \frac{1}{\sqrt[5]{\frac{1-\mu_1^2}{E_1} + \frac{1-\mu_2^2}{E_2}}} V^{2/5} \text{ кгс/см}^2, \quad (3)$$

где γ - объемный вес твердых частиц, кг/см³;

E_1, E_2 - модули упругости соответственно изнашиваемого материала и твердых частиц, кгс/см²;

μ_1, μ_2 - коэффициенты поперечного сжатия соответственно изнашиваемого материала и твердых частиц;

V - скорость твердых частиц, м/сек.

Максимальные напряжения, которые возникают от действия силы P_z согласно дислокационной теории, в соответствии с представлениями Тейлора и Зеегера, определяются по формуле:

$$\tau_{\max} = k G b \sqrt{\rho} \text{ кгс/см}^2. \quad (4)$$

Принимая во внимание, что

$$G = \frac{E_1}{2(1+\mu_1)},$$

получим

$$\tau_{\max} = K \frac{E_1}{2(1+\mu_1)} b \sqrt{\rho} \text{ кгс/см}^2, \quad (5)$$

где K - коэффициент, включающий ряд постоянных множителей;

E_1 - модуль упругости изнашиваемого материала, кгс/см²;

b - вектор Бюргера;

ρ - плотность дислокаций, которая связана с величиной пластической деформации и наклепам материала.

Из уравнений (3) и (5) следует, что на низко модульных материалах при прочих равных условиях значения σ_{\max} и τ_{\max} значительно меньше, чем на материалах с большим модулем упругости.

Однако данное положение справедливо лишь в том случае, когда энергетический уровень частиц такой, что при воздействии силы P_y возникающие в материале напряжения не превышают предела упругости, и фактор рассеивания энергии удара проявляется в наибольшей степени. При этом относительная глубина внедрения твердых частиц в изнашиваемый материал (h/R , где h - глубина внедрения; R - радиус твердой частицы) оказывается недостаточной, чтобы произошло пластическое отеснение или разрушение материала от действия силы P_z . Поэтому в данном случае при уменьшении модуля упругости изнашиваемого материала фактор деконцентрации контактных напряжений смещает спектр контактных напряжений в сторону уменьшения. Последнее вытекает из выражения для определения величины деконцентрации контактных напряжений:

$$D = \left[\frac{\frac{(1-\mu_a^2)}{E_a} + \frac{(1-\mu_{yn}^2)}{E_{yn}}}{\frac{(1-\mu_a^2)}{E_a} + \frac{(1-\mu_{mb}^2)}{E_{mb}}} \right]^{4/5}, \quad (6)$$

где $\mu_a, \mu_{yn}, \mu_{mb}$ - коэффициенты поперечного сжатия соответственно абразивных частиц, упругого и твердого материалов;

E_a, E_{yn}, E_{mb} - модуль упругости соответственно абразивных частиц, упругого и твердого материалов.

В случае, если энергетический уровень абразивных частиц велик, и возникающие в материале напряжения превосходят предел упругости, тогда износостойкость материала уже не связана с его способностью рассеивать энергию, и на первый план выходят прочностные свойства: твердость как характеристика, определяющая сопротивляемость проникновению в материал твердых частиц, и модуль упругости, характеризующий прочность межатомных связей в материале. Фактор деконцентрации контактных напряжений в данном случае проявляется в результате разрушения абразивных частиц при встрече с изнашиваемой поверхностью.

С учетом сказанного твердость изнашиваемого материала при ударном воздействии абразивных частиц выступает как самостоятельный фактор только при формировании процесса изнашивания, определяя величину контактных площадок с абразивными частицами и их поведение в момент удара. В остальном влияние твердости на износостойкость материала является косвенным. Оно положительно, если с ростом твердости повышаются и прочностные свойства поверхностного слоя, и отрицательно - при повышении хрупкости материала.

С целью выявления материалов, на которых формируются процессы изнашивания пониженной интенсивности, нами были проведены испытания на износостойкость опытно-промышленных образцов насадков в условиях эксплуатации гидрошахт Кузбасса с изучением физической сущности явлений, происходящих в процессе изнашивания в поверхностных слоях материала насадков.

Исследованиями было охвачено четыре группы материалов: полимерные, металлические, металлокерамические и минеральные.

В результате проведенных испытаний было установлено, что многоцикловые процессы разрушения - полидеформационный и усталостный - формируются только на поверхности рабочих каналов металлокерамических и минералокерамических насадков, поэтому их износостойкость в десятки раз выше износостойкости насадков из металлических материалов, на которых формируются процессы прямого разрушения.

При одинаковом сроке службы металлокерамических и минералокерамических насадков не дефицитность и дешевизна сырья, применяемого для производства минеральных материалов, побуждает отдать им предпочтение перед металлокерамическими материалами.

Однако изготовление деталей из минералокерамики настолько специфично, что разработка технологии изготовления насадков из этих материалов представляет собой отдельную задачу, решению которой посвящается пятая глава диссертации.

В пятой главе описаны конструктивные особенности насадков с минералокерамическими вкладышами и технология их изготовления, которая внедрена в ЦЭММ треста "Кузбассгидроуголь" комбината "Ожкузбассуголь".

Разработанная конструкция насадка (см. рис. 4) позволила применить для армирования рабочих каналов новый не дефицитный материал - минералокерамику, который обладает высокой износостойкостью в условиях гидроабразивного изнашивания. Минералокерамические вкладыши изготавливаются из термопластичного литейного полуфабриката - шликера, состоящего из высокоглиноземистой массы, методом горячего литья под давлением в

стальные формы.

Отлитые вкладыши подвергаются утильному обжигу при температуре 1000-1100°C, а затем - спеканию при температуре 1650°C. В результате спекания вкладыши приобретают высокую твердость 85-90 единиц по шкале А.Роквелла.

Устанавливаются минералокерамические вкладыши 3 в металлические корпуса 1 с помощью специально разработанного устройства^{х)}, обеспечивающего совпадение их геометрических осей.

Закрепляются они в корпусах клеем 2 на основе эпоксидной смолы, который, обладая относительно высоким коэффициентом внутреннего трения, является хорошим демпфирующим подслоем, ослабляющим вибрационное поле насадка и повышающим его конструкционную износостойкость.

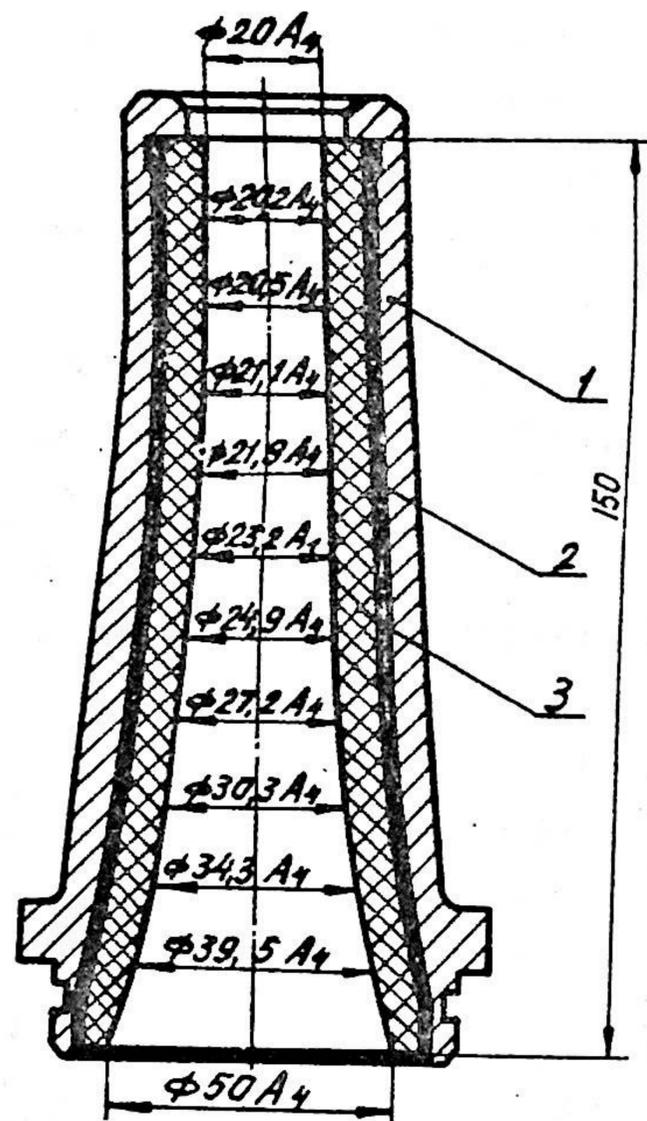


Рис.4. Насадок с минералокерамическим вкладышем: 1-стальной корпус; 2-эпоксидная смола; 3-вкладыш

Высокая конструкционная износостойкость и эксплуатационная эффективность насадков с минералокерамическими вкладышами положительно сказались на снижении энергоемкости и увеличении производительности гидроотбойки (см. приложение 1 и 2).

Насадок с минералокерамическим вкладышем экспонировался на ВДНХ СССР^{х)} и получил высокую оценку, а автор постановлением Главного Комитета ВДНХ СССР награжден бронзовой медалью "За успехи в народном хозяйстве СССР^{хх)}".

В В О Д Н

1. В результате анализа условий эксплуатации насадков высоконапорных гидромониторов, применяемых при подземной добыче угля гидравлическим способом, и выполненных экспериментов по исследованию характера взаимодействия гидропотока со стенками рабочих каналов установлено:

а) износ рабочих каналов насадков является следствием скользящего и ударного воздействия на их стенки твердых частиц, вовлеченных в вихревое движение турбулентными возмущениями гидропотока;

б) первопричиной турбулентности и кавитации в насадках могут быть: неплавные очертания профилей рабочих каналов, следы от механической обработки и случайные царапины на стенках рабочих каналов насадков;

в) минимальная интенсивность турбулентных возмущений в пограничном слое достигается в насадках с конoidalным профилем рабочего канала длиной 150 мм.

^{х)} Авторское свидетельство №232893.

^{х)} Свидетельство №344613
^{хх)} Удостоверение №28640.

2. Теоретически доказано и экспериментально подтверждено, что в реальных условиях эксплуатации высокая твердость абразивных частиц и высокий их энергетический уровень обуславливают возможность протекания в зависимости от прочностных свойств материала насадков различных процессов их разрушения (от прямого до усталостного) при различных видах разупрочнения (механическом, тепловом, адсорбционном и химическом).

3. В результате проведенных экспериментов и проверки на опытно-промышленных образцах насадков, работавших в реальных условиях эксплуатации установлено:

а) износостойкость насадков не связана со способностью материала рассеивать энергию воздействующих частиц за счет упругости, а зависит исключительно от формирующихся под влиянием прочностных свойств материала процессов разрушения;

б) для полимерных нетеплостойких материалов ведущим процессом разрушения является выгорание из-за повышения температуры торможения твердых частиц, а поэтому они совершенно не пригодны для изготовления насадков высоконапорных гидромониторов;

в) ведущим видом разрушения рабочих каналов насадков из металлических материалов является быстропотекающая пластическая деформация и динамическое микрорезание;

г) закалка сталей приводит к снижению модуля упругости и к ослаблению межатомных связей, поэтому увеличение твердости поверхностного слоя стальных насадков, которое достигается в процессе термообработки, не повышает их износостойкости;

д) максимальное значение износостойкости насадков достигается в случае применения для их изготовления металло-керамических и минералокерамических материалов, которые обладают высокой поверхностной твердостью, высоким модулем упругости, однородностью структуры, высоким сопротивлением пластической деформации и высокой коррозионной стойкостью.

4. В итоге выполнения данной работы получены следующие основные результаты:

а) выбраны оптимальные размеры и форма профиля рабочих каналов насадков, обеспечивающих снижение энергоемкости и повышение производительности гидроотбойки угля гидромониторными струями непрерывного действия с давлением воды перед насадком $100+150$ ати ($10+15$ мн/м²);

б) разработана и внедрена в производство технология изготовления насадков из нового прогрессивного материала - минералокерамики, которая обладает высокой износостойкостью и дешевой.

Материалы диссертационной работы докладывались:

1. На координационном совещании по подземной добыче угля гидравлическим способом. Новокузнецк, 1968.

2. На XXXI -й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава МГМИ им. Г.И. Носова и инженерно-технических работников ММК и треста "Магнитострой". Магнитогорск, 1968.

3. На У1-й областной конференции литейщиков Кузбасса. Кемерово, 1968.

4. На всесоюзной научно-технической конференции СМТ и Кемеровского института МРИИПТМАШ. Новокузнецк, 1970.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Брин П.И., Никулин А.И. О способах повышения надежности и долговечности оборудования гидравлической добычи угля. Труды ВНИИГидроугля, вып. XIII, 1968.

2. Борохович А.И., Брин П.И., Никулин А.И. Некоторые вопросы износа, расчета и конструирования углесосно-насосного оборудования. Новокузнецк, 1968.

3. Борохович А.И., Никулин А.И., Брин П.И. Исследование гидроабразивного износа материалов. "Гидравлическая добыча угля", 1968, №2.

4. Сосинский М.В., Никулин А.И., Форшнев Т.И. Промышленные испытания гидромониторных насадков. "Гидравлическая добыча угля", 1968, №2.

5. Слободянский И.Н., Никулин А.И., Чесноков Н.Д. Исследование гидроабразивного износа высокохромистого чугуна. "Гидравлическая добыча угля", 1968, №2.

6. Никулин А.И., Брин П.И. Комбинированные насадки для гидромониторов. "Горные машины и автоматика", 1968, №7.

7. Никулин А.И. и др. Устройство для установки разгруженных износостойких вкладышей в насадках гидромониторов. Авторское свидетельство №232893 "Бюллетень изобретений", 1969, №2.

8. Никулин А.И. Методика испытаний гидромониторных насадков в условиях эксплуатации. Новокузнецк, 1969,

№ гос. регистрации: 68009286

9. Никулин А.И., Брин П.И. Исследование процесса износа деталей, работающих в контакте с жидкостями, несущими твердые взвешенные частицы. В сб. - "Износостойкость и надежность оборудования гидравлической добычи угля", №9, Новокузнецк, 1970.

10. Никулин А.И., Брин П.И. Визуальные исследования кавитации в гидромониторных насадках и механизм разрушения их рабочей поверхности. В сб. - "Износостойкость и надежность оборудования для гидравлической добычи угля", №9, Новокузнецк, 1970.

11. Никулин А.И. Минералокерамические насадки с удлиненным рабочим каналом. Инф. карта, серия 12; №100, М., 1970.

12. Брин П.И., Никулин А.И. Исследование факторов, влияющих на износостойкость гидромониторных насадков. Инф. карта, серия 12, №20 М., 1970.

13. Никулин А.И. Исследование эффективности и конструкционной износостойкости гидромониторных насадков. Отчет, Новокузнецк, 1970.

14. Никулин А.И. Технология изготовления минералокерамических вкладышей для насадков гидромониторов. Новокузнецк, 1969 (рукопись).

ОП08413

Печатно-множительная лаборатория ВНИИГидроугля.
Зак. 2024. Тир. 160. 1971. Новокузнецк, Кемеровская обл.