

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ, ДОЛГОВЕЧНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ И МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ УГЛЕБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

Изложены результаты исследований и эксплуатации углеобогачительного оборудования на фабриках. Для повышения долговечности оборудования применены неметаллические материалы с повышенной износостойкостью против абразивного износа и коррозионностойкие полимерные композиции от атмосферной коррозии.

Ключевые слова: углеобогачительная установка, долговечность, износостойкость, абразивный износ, коррозия.

Викладено результати дослідження та експлуатації вуглезабагачувального обладнання. Для підвищення строку експлуатації обладнання використані неметалічні матеріали – полімерні композиції, які забезпечують захист від абразивного зносу і атмосферної корозії.

Ключові слова: вуглезабагачення, обладнання, зносостійкість, абразивний знос, корозія.

На углеобогачительных фабриках оборудование, металлоконструкции, трубопроводы различного назначения подвержены сложному коррозионно-абразивному воздействию, поэтому постоянно растут затраты на их ремонт, привлекаются значительные трудовые, материальные и финансовые средства. Общие расходы на ремонты составляют 25% затрат на обогащение угля.

Основные причины разрушения поверхностей деталей и узлов оборудования – свойства рабочей среды, с которой они соприкасаются. Абразивность угольной пульпы, обусловленная высокой твердостью каменного угля (30-45 Н/мм<sup>2</sup>), антрацита (115-150 Н/мм<sup>2</sup>) и сопутствующих ей минеральных примесей (микротвердость пирита достигает 1370, кварца 1230 Н/мм<sup>2</sup>), интенсифицирует процессы износа и коррозии.

Другим фактором, характеризующим агрессивность оборотных вод, является водородный показатель рН, который влияет на скорость коррозии. Для оборотных вод фабрик Донбасса рН имеет устойчивое положение в пределах 7-8,5, но наиболее опасными по коррозионному воздействию на оборудование, изготовленное из стали Ст. 3, является вода с повышенной кислотностью (рН=1...3). Такими высококислотными показателями рН обладают оборотные воды ЦОФ "Селидовская" и ГОФ "Горская".

В особенно тяжелых условиях работает оборудование сушильных отделений. В сушильных установках в качестве топлива используется рядовой уголь с содержанием серы до 4%. Для очистки уходящих дымовых газов (температура 120-150°C) применяется техническая или обратная вода. При контакте с газами, содержащими различные оксиды серы, она приобретает кислотные свойства и, контактируя с поверхностями скрубберов, пылеуловителей и отводящими трубопроводами, вызывает их интенсивную коррозию. Так, срок службы трубопроводов слива скрубберных вод, изготовленных из стали Ст. 3 (толщина стенок 7-8 мм), 1-3 мес.

Среднегодовая скорость коррозии на углеобогатительных фабриках достигает 0,5-1 мм, что соответствует потерям металла 0,1-0,5 кг/м<sup>2</sup>. Интенсификации процесса способствуют периодические увлажнение и высыхание металла. При испарении воды увеличивается концентрация агрессивных компонентов в конденсате и скорость коррозии возрастает. Коррозионная активность атмосферы повышается также за счет содержания в воздухе частиц угля и пыли, которые, попадая на поверхности, становятся центрами капиллярной конденсации влаги вследствие гигроскопичности.

Во внутренних помещениях фабрик отмечается повышенная относительная влажность (до 90-100%); которая способствует интенсивному поражению коррозией металлических поверхностей. Причинами коррозионных разрушений являются и периодические проливы оборотных вод как на оборудование, так и на металлоконструкции, протечки воды и выделение пара из поврежденных трубопроводов, а также некачественная уборка пыли.

Металлические опоры, колонны, балки, поддерживающие галереи изготовлены из прокатного профиля и в узлах соединения усилены косынками из листовой стали, где скапливаются влага и пыль. Продукты коррозии, увеличиваясь в объеме, приводят к отслаиванию листов усиления от балок и колонн. В результате перераспределения действующих нагрузок разрушаются узловые соединения, что представляет опасность для конструкций в целом.

Анализ указанных факторов выдвигает специальные требования к материалам защитных покрытий.

Сочетание неблагоприятных факторов придает особую актуальность и

остроту проблеме повышения долговечности обогатительного оборудования. Институтом "Укрнииуглеобогащение" выполнены научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки по изготовлению и внедрению износостойких и коррозионно-стойких покрытий из плавленного базальта, монолитного поликристаллического карбида кремния, никролита (шлак силикомарганца), керамики, полиуретана, муллитокорунда, антикоррозионной композиции "Стикор" и полимерной антикоррозионной композиции различных цветов.

На основании анализа теоретических и экспериментальных работ, изучения опыта эксплуатации оборудования и транспортных трактов углеобогачительных фабрик Донбасса для повышения срока службы рабочих поверхностей институтом рекомендуется применение плит из минерального сплава мелкокристаллической структуры – плавленного базальта. Этот материал большой твердости и устойчивый к истиранию получают путем плавления скального базальта при температуре 1300°С с добавлением глиноземистого материала и подшихтовки (доломит, магнезит, хромит и железорудный концентрат).

Преимущества использования плит из плавленного базальта: высокая износостойкость при сохранении гладкой, ровной рабочей поверхности, абсолютная влаго- и щелочестойкость. Износостойкость плит в рабочих средах фабрик в 9-10 раз выше, чем углеродистой стали, и в 13-15 раз, чем серого чугуна марки СЧ 15-32. Размеры плит: 180×115×18; 300×300×40; 300×250×30; 360×240×40 (с отверстием и без отверстия); 500×250×40 мм.

Разработана технология защиты поверхностей оборудования и транспортных трактов плитами из плавленного базальта, в которой предусматривается подготовка защищаемой поверхности, методы крепления (составы замазок и их приготовление), производство футеровочных работ в различных условиях эксплуатации оборудования (при вибрациях и др.).

Плиты из плавленного базальта внедрены в 2005-2006 г.г. на ЦОФ "Свердловская" (ГП "Свердловантрацит"), ЦОФ "Комендантская", ГОФ "Вахрушевская" и ГОФ "Ровеньковская" (ГП "Ровенькиантрацит"). Показатели экономической эффективности: увеличение срока службы с 6 мес. до 4-5 лет; снижение трудовых затрат и экономия металла 0,6 т от использования 1 т плит, а с учетом срока службы – до 2-3 т. Усредненный годовой экономический эффект

составляет около 10,8 тыс. грн. от применения 1 т плит.

Для оборудования, работающего в особо тяжелых условиях гидроабразивного износа и испытывающего высокие удельные нагрузки, разработан способ повышения его долговечности с применением монокристаллического карбида кремния (МПК), изготавливаемого путем силицирования пресованной массы из смеси карбида кремния со свободным углеродом в виде кокса или ламповой сажи. Материал характеризуется микротвердостью 2,8-3,2 кН/мм<sup>2</sup>, значительно более высокой, чем микротвердость минеральных примесей углей.

Укрнииуглеобогащением освоено производство деталей и узлов, а также футеровочных покрытий из МПК, которое представляет собой комплекс технологически связанных участков, обеспечивающих весь цикл от подготовки исходных материалов до сдачи готовой продукции. Так, из МПК изготавливают рабочие поверхности гидроциклонов, детали и узлы флотационных машин, центрифуг, задвижек и др. Внедрение узлов, деталей и футеровок из МПК позволило не только увеличить срок их службы в 6-10 раз и на 1 т сэкономить 25 т металла, но и решить вопрос надежности этого оборудования.

В последние годы процесс изготовления футеровки из МПК стал дорогостоящим, трудо- и энергоемким, а главное, – отдельные компоненты остродефицитны, что обусловило поиск и необходимость использования других неметаллических материалов. Совместно с Никопольским заводом ферросплавов Укрнииуглеобогащением разработан и освоен типоразмерный ряд гидроциклонов диаметрами 710 и 1000 мм (ГЦ-1000Н и ГЦ-710Н) с футеровкой из отходов производства силикомарганца (никролит). Это стеклокристаллический материал, обладающий высокими физико-механическими и химическими свойствами при нормальных и повышенных температурах (до 900°С). Его использование дает возможность в 4-5 раз сократить трудо- и энергозатраты при выполнении футеровочных работ и получить бесшовное монокристаллическое коррозионно-стойкое покрытие.

Гидроциклоны ГЦ-1000Н с футеровкой из никролита прошли промышленные испытания на ЦОФ "Свердловская" и ГОФ "Ровеньковская". Для гидроциклонов малого диаметра (500, 360 и 250 мм) разработана

технология изготовления футеровки из литой керамики. Опытно-промышленный образец ГЦ-360К, испытанный на ЦОФ "Свердловская", обеспечивает достаточную прочность разделения шлама по крупности в пределах 0,12-0,15 мм: эффективность классификации 45-50%. Однако из-за финансовых проблем подобная футеровка не нашла широкого применения.

Разработки Укрнииуглеобогащения по использованию полиуретана для защиты отдельных узлов оборудования от абразивного и гидроабразивного износа подтвердили целесообразность его применения для изготовления элементов роторного разгрузчика и сит отсадочных машин, обезвоживающих и просеивающих поверхностей грохотов, импеллеров и пальцев статора флотомашин. Срок службы изделий из полиуретана по сравнению со сталью Ст. 3 увеличивается в 5-6 раз и находится на одном уровне с нержавеющей стали. Возможности изготовления из полиуретана деталей для обогатительного оборудования еще далеко не использованы.

Большого внимания в углеобогащении заслуживает применение и огнеупорного материала на базе оксида алюминия – муллитокорунда. В основе получения муллитокорундовой керамики лежат процессы, связанные с кристаллизацией при спекании оксида алюминия  $Al_2O_3$ . Массовая доля  $Al_2O_3$  не менее 88%, а  $Fe_2O_3$  не более 0,7%.

Институтом "Укрнииуглеобогащение" совместно с огнеупорным комбинатом (г. Часов Яр) разработаны муллитокорундовые изделия МКПУ-88, которые применяются в устройствах транспортирования угля крупностью 0–200 мм, загрузочных желобов сушильных барабанов, золовых откосов топок с кипящим слоем, разгрузочных циклонов сушильных отделений и другого оборудования, подверженного воздействию высокотемпературных сред, коррозии и абразивному износу при динамических нагрузках. Применение плит из МКПУ-88 в качестве защитной футеровки повышает срок службы оборудования в 6-8 раз, его прочность сохраняется при температуре 1520°C. Муллитокорундовые плиты внедрены на ЦОФ "Комендантская", "Свердловская" и "Нагольчанская". В настоящее время из-за недостаточного финансирования фабрик и высокой стоимости материала (25 тыс. грн. за 1т) плиты из муллитокорунда почти не внедряются. Технические

характеристики износостойких материалов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики износостойких материалов

Показатели	Плавный базальт	Монолитный поликристаллический карбид кремния	Никролит (шлак силикомарганца)	Муллитокорунд
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	2900-3100	2700-2900	2900-3100	3900-4000
Твердость по шкале Мосса, усл. ед.	8 (алмаз 10)	9,5	8	9
Предел прочности, МПа, не менее:				
при сжатии	200-400	1800-3200	450-500	288-800
при изгибе	30-50	170-200	60-90	-
Потери при истирании, кг/см <sup>2</sup>	0,2-0,8	-	0,2-1,2	0,4-0,7
Относительная износостойкость	12-13	50-80	20	18
Ударная вязкость, кДж/м <sup>2</sup>	-	3-4	-	2,5-5
Температура начала размягчения, °С	1050	2200	1190	1770
Термостойкость, теплосмен, не менее	10-15	7 10	10	15
Химическая стойкость, %, не менее:				
к 96%-й H <sub>2</sub> SO	99,1	-	99,9	-
к 36%-й NaOH	88-91	-	78-86	-
Водопоглощение, %	0,05-0,22	0-0,1	0-0,4	0-0,2

Основным методом борьбы с атмосферной коррозией является использование различных эмалей – перхлорвиниловых, акриловых, масляных, пентафталевых и др. Серийно выпускаемые лакокрасочные покрытия недолговечны, срок их службы до года.

Антикоррозионная композиция "Стикор", разработанная Укрниуголеобогащением, представляет собой сольвентный раствор отходов полистирольного производства, модифицированный каменноугольной смолой с добавлением наполнителя – алюминиевой пудры. Композиция черного цвета обладает высокими физико-механическими показателями, атмосферо-, водомаслостойка, выдерживает перепады температур от -30 до +180°С, успешно прошла испытания, внедрена на большинстве углеобогатительных фабрик и на ряде шахт. Однако в последние годы ее выпуск приостановлен в связи с закрытием Стахановского КХЗ, где находилась опытно-промышленная установка по изготовлению.

**Техническая характеристика антикоррозионной полимерной композиции**

Условная вязкость, с	40-200
Массовая доля нелетучих веществ, %	30
Степень перетира в зависимости от цвета, мкм	20-25

Время высыхания пленки до степени 3 при температуре 20°С ч	3
Адгезия, балл	1
Эластичность при изгибе, мм	1
Прочность при ударе, Нсм	400
Укрывистость пленки, г/м <sup>2</sup> , не более	45
Термостойкость, °С, не более	150
Срок службы (в зависимости от способа подготовки поверхности), лет	3-5

В настоящее время для защиты оборудования и металлоконструкций применяется антикоррозионная полимерная композиция, разработанная из отходов полистирола, продуктов химии и коксохимии (трехкомпонентная система с высокими защитными свойствами) путем модификации "Стикора" новым недефицитным пластификатором и ингибиторами коррозии, которые с введением цветных пигментов позволили обеспечить цветовую гамму (серый, красный, голубой, зеленый и др.) без снижения физико-механических и коррозионных свойств. Положительный эффект достигается за счет оптимального сочетания компонентов, что составляет предмет научной и прикладной новизны. Внешний вид пленки – ровная, гладкая глянцевая поверхность.

По результатам токсикологических и санитарно-химических исследований композиция относится к классу опасности 3 (вещества умеренноопасные). Внедряется с 2004 г. на ЦОФ "Свердловская" и ГОФ "Центросоюз (ГП "Свердловантрацит)", ГОФ "Ровеньковская", "Вахрушевская" и ЦОФ "Комендантская" (ГП Ровенькиантрацит)", ЦОФ "Колосниковская" и "Пролетарская" (ГП "Донбассуглеобогащение"). Рекомендуется для защиты объектов поверхностного комплекса шахт, металлоконструкций копров, вентиляторов главного проветривания, клетевых и скиповых подъемов, конвейеров и др. Внедрение композиции повышает срок службы покрытия до 3-5 лет, снижает в 2-3 раза расход материалов на ремонтно-эксплуатационные нужды. Экономия металла до 0,5 т на 1т покрытия.

**Выводы.** Проведенные исследования и опыт эксплуатации углеобогатительного оборудования транспортных трактов и металлоконструкций показали, что для повышения их долговечности можно успешно использовать износостойкие неметаллические материалы (плавленый базальт, монолитный

поликристаллический карбид кремния, керамика, полиуретан, муллитокорунд, а также антикоррозионные полимерные композиции). Коррозионностойкие материалы позволят снизить затраты на ремонтные работы, увеличить межремонтный ресурс, сократить время на остановку оборудования при ремонте и наладке, стабилизировать технологические процессы фабрики и улучшить технико-экономические показатели обогащения угля.