

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ШАХТНОЙ КРЕПИ

Татьянченко А.Г., профессор, доктор технических наук, ДонНТУ

Каюн А.П., заместитель генерального директора угольной
компании «Красноармейская-Западная №1»

по энергомеханической службе и внедрению новой техники,

Лаппо И.Н., инж., ДонНТУ

Рассмотрены проблемы эксплуатации механизированной шахтной крепи в условиях угольной компании «Красноармейская-Западная №1». Выявлены характерные особенности и возможные причины выхода из строя крепи. Определены перспективные технологические направления повышения эксплуатационных характеристик крепи в условиях данной шахты.

Ключевые слова: механизированная крепь, повреждения, восстановление, защитные покрытия, механический, коррозионный и химический износ, дисперсные керамические покрытия, полимерные покрытия, гидродюрпластик.

Проблема и ее связь с научными или практическими исследованиями

Шахтная крепь является одним из важнейших компонентов горношахтного оборудования (ГШО), определяющих работоспособность и производительность всего очистного забоя. В настоящее время современные механизированные секции шахтной крепи представляют собой сложные дорогостоящие самодостаточные механизмы, способные поддерживать нормальное состояние кровли за очистным забоем и тем самым обеспечивать необходимые условия для работы всего забоя. Нормальная работа и выполнение эксплуатационных функций таких комплексов в значительной степени зависит от точности изготовления как всего комплекса, так и отдельных его узлов, и в первую очередь ее основного элемента – контактной пары гидроцилиндра. Практика эксплуатации механизированных секций шахтной крепи показывает, что любые отказы в работе гидроцилиндра крепи являются причиной демонтажа и ремонта всей секции. Помимо очевидных экономических потерь демонтаж и замена секций крепи может стать причиной нарушения работы всего забоя. Анализ причин отказов гидроцилиндров показывает, что основной причиной отказа является нарушение нормального функционирования контактных пар гидроцилиндра. Поэтому к точности изготовления элементов контактной пары гидроцилиндра предъявляются повышенные требования, а развитие и совершенствование технологических процессов изготовления таких элементов с целью повышения их эксплуатационных характеристик является важной народнохозяйственной и научной проблемой.

Анализ исследований и публикаций

Особенно актуально эта проблема стоит при обеспечении стабильной бесперебойной работы передовых угольных предприятий, к которым относится

угольная компания «Красноармейская-Западная» (УК «КЗ»). Для обеспечения эффективной работы таких предприятий ко всему ГШО, и в том числе, к шахтной крепи предъявляются повышенные требования по надежности работы в пределах всего планового эксплуатационного периода. Поэтому руководство угольной компании постоянно поддерживает передовые инновации, способные повысить эксплуатационные характеристики шахтной крепи. Так, в 2005 году на УК «КЗ» была принята комплексная программа [1] ремонта и восстановления секций крепи непосредственно в условиях цеха РГО угольной компании согласно существующих техпроцессов. Однако реализация этой программы показала неэффективность такого подхода и выявила необходимость решения проблемы повышения работоспособности механизированной крепи за счет совершенствования технологических процессов изготовления и восстановления крепи и способов механической обработки элементов гидроцилиндра как на заводах-производителях, так и в условиях цеха РГО.

Постановка задачи

Поэтому данная работа посвящена анализу особенностей эксплуатации шахтной крепи в условиях угольной компании «Красноармейская-Западная», технологических процессов изготовления и восстановления элементов гидроцилиндра и выработке перспективных направления их совершенствования.

Изложение материала и результаты

Анализ условий эксплуатации и экономической эффективности шахтной крепи в условиях УК «Красноармейская-Западная». Шахта «Красноармейская-Западная-1», базовое предприятие одноименной угольной компании, введена в эксплуатацию в октябре 1990 года и с самого начала проектировалась и строилась (начато строительство в 1976 году) с учетом повышенной жесткости и агрессивности шахтных вод, имеющих сложный химический и минеральный состав. Шахта является сверхкатегорийной и опасной по внезапным выбросам угля и пыли. Для обеспечения нормальной экологической обстановки на прилегающей территории шахта проводит целый комплекс технических и технологических мероприятий по очистке и повторному использованию шахтных вод. Однако, наибольшую опасность агрессивные шахтные воды представляют для рабочего и технологического оборудования шахты, снижая его производительность и рабочий ресурс. Одним из наиболее уязвимых видов горношахтного оборудования, страдающих от вредного воздействия агрессивных вод, являются механизированные секции шахтной крепи.

Расходы на поддержание в рабочем состоянии существующих и закупку новых секций крепи составляют значительную долю статьи расхода шахты на очистное оборудование. Так, в 2008 году на закупку новых секций крепи было затрачено 277,5 млн. грн. или 65,1% годовых затрат на закупку нового ГШО, а на ремонт находящихся в эксплуатации секций – 58,8 млн. грн. или 57% годовых затрат на ремонт ГШО. Поэтому в настоящее время актуальной является не только проблема повышения эксплуатационных характеристик, но и эффективности их восстановления.

Основными причинами выхода секций крепи из строя являются повреждение поверхностного слоя контактных элементов гидростойки – сколы, задиры, коррозионное разрушение и другие повреждения. В настоящее время не существует единого мнения о причинах возникновения вышеуказанных повреждений крепи. Основными существующими гипотезами являются гипотезы абразивного и адгезионного износа, согласно которых повреждения поверхности элементов контактной пары гидроцилиндров происходит в результате попадания в контактную зону микрочастиц пыли и породы. Однако эти гипотезы не всегда объясняют причины появления раковин и кольцевых задиров. Появление таких дефектов и других локальных повреждений может быть объяснено только неизвестными сложными химическими процессами, связанными с попаданием агрессивных шахтных вод в рабочую зону. Существует рабочая научная гипотеза, согласно которой возникновение локальных повреждений поверхностей контактных пар гидроцилиндров происходит в очагах концентрации капель взвеси угольной пыли в воде в результате ее генезиса и преобразования в угольную кислоту сложного состава. Эта гипотеза подтверждается многочисленными наблюдениями за состоянием рабочих поверхностей гидроцилиндров в условиях шахты «КЗ-1». Согласно данных ремонтномеханической службы шахты в течение 5-6 дней угольная взвесь регенерирует, затвердевает и приобретает характерный коричневый оттенок. В зоне контакта взвеси на рабочих поверхностях, в том числе на поверхностях из нержавеющей стали, появляются характерные раковины. Однако исследовать эволюцию этого процесса в настоящее время не представляется возможным ввиду неисследованного состава взвеси после ее генезиса и неисследованного механизма воздействия взвеси на поверхности с качественным покрытием, повреждение которых не может быть объяснено только химическим воздействием. Поэтому решение проблемы повышения рабочего ресурс секций механизированной крепи необходимо искать сразу в нескольких направлениях. Во-первых, это повышение эффективности защитных покрытий рабочих поверхностей гидроцилиндров. Во-вторых, поиск эффективного противодействия агрессивному воздействию шахтных вод. В-третьих, поиск новых дифференцированных подходов к эксплуатации секций крепи с учетом предполагаемого времени и места их работы.

Анализ существующих модификаций шахтной крепи и технологических процессов изготовления и восстановления элементов гидроцилиндров.

На шахте «КЗ-1» в настоящее время используются современные механизированные крепи ДМ и ЗКД90 производства Дружковского машиностроительного завода (г. Дружковка, Украина), MVPO производства T Machinery A.S (Чехия) и другие. По состоянию на 1 января 2009 года на шахте числилось 3480 единиц секций крепи, в том числе ЗКД90 – 1897 шт., ДМ – 564 шт., MVPO – 377 шт., МКЮ – 298 шт., КМП – 122 шт., DBT – 135 шт. В 2008 году шахта закупила 570 единиц секций крепи, в том числе КМП – 162, МКЮ – 228, DBT – 180 шт.

Практика эксплуатации механизированной крепи отмеченных выше и других моделей в условиях шахты «КЗ-1» показала, что все существующие виды защитных покрытий контактных поверхностей гидроцилиндра не в состоя-

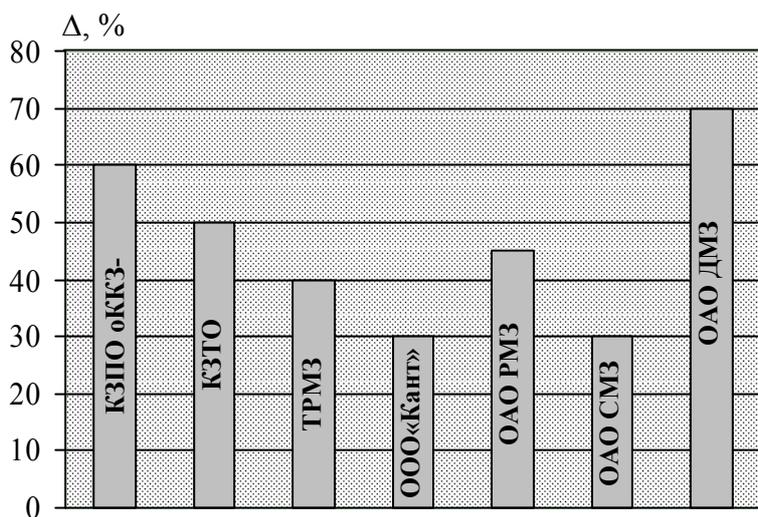


Рис. 1. Отношение стоимости восстановления поврежденных секций к стоимости новой секции крепи

ная выше программа организации их полного ремонта в условиях цеха РГО шахты. Однако, эта программа не дала положительных результатов в значительной степени из-за отсутствия экономической заинтересованности ремонтных заводов в организации такого производства на шахте «КЗ-1». Тем не менее, в ходе реализации программы был сделан технологический и экономический анализ существующих технологий восстановления поврежденных поверхностей элементов гидростоек в условиях различных ремонтных заводов. Экономический анализ (рис. 1) показал, что стоимость восстановления поврежденных секций в условиях различных заводов составляет от 30 до 70% от стоимости новой секции. При этом наиболее дорогостоящим (70-80%) является ремонт поврежденных секций в условиях Дружковского машиностроительного завода, который является основным поставщиком новых секций крепи (модели ДМ и ЗКД90). Это, очевидно, связано с тем, что технология ремонта на этом заводе предусматривает замену поврежденных элементов на новые, а не их восстановление (табл.1). Для снижения стоимости восстановления поврежденных секций этих моделей крепи шахта вынуждена искать возможности их восстановления на других ремонтных заводах, часто с ущербом для качества. Поэтому проблема организации собственного ремонтного производства остается по-прежнему актуальной. С этой целью шахта приобрела ряд машиностроительных заводов в Германии и России, однако их географическая удаленность ставит под сомнение экономическую эффективность организации ремонта крепи на этих предприятиях. Их следует рассматривать скорее как базу для организации производства элементов крепи с перспективными защитными покрытиями.

Маркетинговый анализ показал, что основную долю (44,9%) в сметной стоимости восстановления поврежденных секций крепи составляет ремонт гидростоек, восстановление которых является наибольшей технологической проблемой. Анализ технологий восстановления поврежденных гидростоек на различных ремонтных заводах (табл.1) показывает, что существующие в настоящее время технологии универсальны и надежны, однако они не учитывают специфики работы ГШО в условиях «КЗ-1». При этом основными проблемами

нии надежно противостоять агрессивному воздействию шахтных вод и воздушной среды. В этих условиях основным направлением работы являются поиск новых перспективных и, вместе с тем, экономически выгодных технологий изготовления новых и восстановления поврежденных секций крепи. Так, одним из возможных вариантов снижения стоимости восстановления поврежденных секций крепи стала отмеченная выше программа организации их полного ремонта в условиях цеха РГО шахты.

Технологии восстановления гидростоек на ремонтных предприятиях

Ремонтный завод	Технология восстановления гидростойки
Красноармейский завод промышленного оборудования (КЗПО)	«Чулкивание» поврежденных поверхностей при помощи тонкостенных нержавеющей втулок с толщиной стенки от 0,75 до 1,2 мм (Технология DURACHROM)
Красноармейский завод технологического оборудования (КЗТО)	Наплавка нержавеющей сталью с последующей доводкой восстановленных поверхностей
Горезский ремонтно-механический завод (ТРМЗ)	Наплавка нержавеющей проволокой или замена поврежденных элементов на новые
ООО «КАНТ»	Наплавка нержавеющей проволокой или замена поврежденных элементов на новые
ОАО «Рутченковский машиностроительный завод»	Наплавка обычной проволокой с последующим нанесением защитного покрытия в гальванике или наплавка нержавеющей проволокой
ОАО «Свердловский машиностроительный завод»	Наплавка обычной проволокой с последующим нанесением защитного покрытия в гальванике
ОАО «Дружковский машиностроительный завод»	Замена поврежденных элементов на новые

является то, что восстановленные металлические защитные покрытия не обеспечивают должную сопротивляемость открытых поверхностей гидростоек и других элементов гидроцилиндров крепи механическому, коррозионному и химическому износу и не учитывают горно-геологические особенности шахты.

Определение перспективных путей повышения эффективности эксплуатации секций механизированной крепи в условиях шахты «КЗ-1». Проведенный выше анализ показал, что основной причиной выхода из строя секций крепи на шахте «КЗ-1» является повреждение рабочих поверхностей элементов гидроцилиндров вследствие механического, коррозионного и химического износа. Поэтому решение проблемы повышения эксплуатационных характеристик секций крепи в условиях шахты «КЗ-1» может быть достигнуто прежде всего за счет обеспечения надежности работы этих элементов. Поскольку надежность работы всего ГШО в условиях шахты «КЗ-1» обусловлена воздействием целого ряда объективных и субъективных факторов, очевидно, что решение этой проблемы может быть получено только на основе комплексных исследований работы секций крепи с учетом особенностей протекания различных горно-геологических, физико-химических и технологических процессов и с учетом времени, места, характера и других особенностей эксплуатации крепи.

Пути решения этой проблемы в экономическом и научном аспекте необходимо искать в трех основных направлениях – устранение или минимизация негативного влияния на работу ГШО агрессивных шахтных вод и воздушной среды на шахте «КЗ-1», совершенствование защитных покрытий рабочих поверхностей гидроцилиндров и дифференциация технологических процессов нанесения защитных покрытий с учетом особенности работы конкретных секций крепи и их отдельных элементов.

Устранение негативного влияния агрессивных шахтных вод и воздушной среды в условиях шахты «КЗ-1» представляет собой сложную научную про-

**Перспективные технологии восстановления и повышения
эффективности эксплуатации элементов гидростоек**

Базовое предприятие	Технология
Донецкий национальный технический университет (ДонНТУ)	Ионно-плазменное напыление (5-10мкм)
Донецкий национальный технический университет (ДонНТУ)	Мелкодисперсное керамическое напыление
Предприятие ESSER, Германия	Полимерное антикоррозионное покрытие гидродюропластик

блему. Ее решение может быть получено только в результате взаимодействия научного потенциала целого ряда теоретических (общей химии, физики) и прикладных (физического материаловедения, электротехники) наук. Даже частичное решение этой проблемы позволит снизить агрессивное внешнее воздействие не только на элементы крепи, но и на другое шахтное оборудование, что позволит значительно увеличить его рабочий ресурс и экономическую эффективность. Поэтому развитие этого направления может принести значительный экономический эффект.

Совершенствование защитных покрытий рабочих поверхностей гидроцилиндров является основным направлением повышения эффективности эксплуатации секций механизированной крепи в условиях шахты «КЗ-1». Наиболее перспективным в плане отмеченных ранее проблем эксплуатации крепи в условиях шахты «КЗ-1» представляется использование технологий нанесения износостойких неметаллических покрытий на рабочие поверхности гидроцилиндров. В настоящее время в машиностроении все более широкое применение находят ионно-плазменное напыление [2], дисперсные керамические покрытия [3], полимерные покрытия (гидродюропластик). Технологии нанесения таких покрытия достаточно апробированы (табл.2), однако их адаптация применительно к технологиям изготовления элементов гидроцилиндров и условиям эксплуатации в условиях агрессивной внешней среды шахты «КЗ-1» является серьезной научной и технологической задачей, которая должна решаться совместно с первым направлением.

Первые два направления являются глобальными и наукоемкими как для теоретической, так и для практической науки. Однако их реализация сопряжена с длительным временем их разработки и значительными затратами на их реализацию. В то же время с учетом огромных затрат на эксплуатацию механизированных крепей значительный экономический эффект может быть получен за счет оптимизации условий эксплуатации и технологических процессов изготовления секций крепи применительно к шахте «КЗ-1». Оптимизация может быть достигнута, например, за счет дифференцированного подхода к нанесению дорогостоящего защитного покрытия и выбора его типа в зависимости от условий эксплуатации конкретных секций, а также за счет дифференцированного подхода к эксплуатации секций крепи в условиях особенностей напряженного состояния кровли при проведении горных работ на шахте «КЗ-1». Развитие этого направления непосредственно связано с первыми двумя, однако мо-

жет дать экономический эффект даже при существующих условия эксплуатации и моделей крепи.

Все вышеизложенное показывает, что решение проблемы повышения эффективности эксплуатации секций механизированной крепи в условиях шахты «КЗ-1» может быть получено только на комплексных научных исследований с привлечение высококвалифицированных специалистов в различных отраслях науки и техники, а также специалистов шахты. При этом научной основой для поиска перспективных решений данной проблемы должны стать анализ и систематизация данных о характере и особенностях повреждений элементов крепи, времени и месте их эксплуатации, особенностей проведения горных работ и структуры шахтных вод в зоне очистного забоя. Только на основе этих всеобъемлющих данных можно получить научно обоснованные решения, позволяющие решить данную проблему.

Выводы и направление дальнейших исследований

Проведенный анализ позволил выявить особенности и проблемы эксплуатации механизированных секций шахтной крепи в условиях угольной компании «Красноармейская-Западная», обосновать необходимость комплексного подхода к решению этой проблемы и определить наиболее перспективные направления ее решения. С учетом проведенного анализа установлены первоочередные научные и практические задачи, среди которых:

- разработка «Комплексной программы повышения эффективности эксплуатации секций механизированной крепи в условиях угольной компании «Красноармейская-Западная»;

- оптимизация существующих технологических процессов изготовления гидроцилиндров секций шахтной крепи, обеспечивающей повышение их эксплуатационных характеристик;

- внедрение новых перспективных технологий нанесения защитных покрытий рабочих элементов гидроцилиндров на основе плазменного напыления и неметаллических покрытий;

- разработка, обоснование и внедрение перспективных технологий защиты металлических поверхностей от агрессивного воздействия внешней среды.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Программа ремонта шахтной крепи (полный ремонт в условиях цеха РГО шахты). – ОАО «Угольная компания «Шахта Красноармейская-Западная №1», 2005. – 12с.
2. Михайлов А.Г., Михайлов В.А., Михайлова Е.А. Ионно-плазменные вакуумные покрытия – основа широкого повышения качества изделий машиностроения // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. – Донецк: ДонНТУ, 2004, Вып.28. – С. 108–115.
3. Технологическое обеспечение качества изготовления деталей с износостойким покрытием / Ю.К. Новоселов, С.П. Кулагин, С.Л. Леонов, Е.Ю. Татаркин – Новосибирск: Издательство Новосибирского университета, 1993. – 205 с.