

УДК 621

**ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОВША
ЭКСКАВАТОРА ПУТЕМ НАНЕСЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ**

Альтмаер Е.Э., Комаров Д.С.

Научный руководитель Кузин Е.Г. к.т.н., доцент
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева, филиал в г. Прокопьевске
Прокопьевск

Аннотация. В настоящей работе показана актуальность повышения эксплуатационных характеристик элементов ковшей карьерных экскаваторов. Приводится анализ способов увеличения износостойкости элементов ковша подвергаемых износу в процессе эксплуатации. Показаны достоинства, недостатки и области применения защитных покрытий. Сделан вывод о целесообразности применения газотермического напыления твердосплавных порошков. Данная технология способствует уменьшению затрат и повышению эффективности производственного процесса, наличие передвижных мобильных комплексов позволяет проводить напыление непосредственно в условиях открытых горных работ.

Ключевые слова: экскаватор, зуб ковша экскаватора, газотермическое напыление, износостойкость, работоспособность.

Annotation. This paper shows the relevance of improving the operational characteristics of elements of buckets of quarry excavators. The analysis of ways to increase the wear resistance of bucket elements subjected to wear during operation is presented. The advantages, disadvantages and applications of protective coatings are shown. The conclusion is made about the expediency of using gas-thermal spraying of solid-alloy powders. This technology helps to reduce costs and increase the efficiency of the production process, the presence of mobile mobile complexes allows spraying directly in open-pit mining conditions.

Keywords: excavator, excavator bucket tooth, gas-thermal spraying, wear resistance, operability.

Угольная промышленность является одной из основных отраслей Кузбасса. Добыча открытым способом на предприятиях региона за 2022 г. составила 151,7 млн. тонн. Учитывая средневзвешенный коэффициент вскрыши объем вскрываемой горной массы в 8,5 – 10 раз выше. Указанный объем горных работ предъявляет высокие требования к надежности карьерных горных машин и экскаваторов, в частности.

Выемочно-погрузочные работы на разрезах осуществляются с использованием карьерных одноковшовых экскаваторов. Ниже приведена типовая конструкция ковша карьерного экскаватора для работы с крепкими скальными породами.

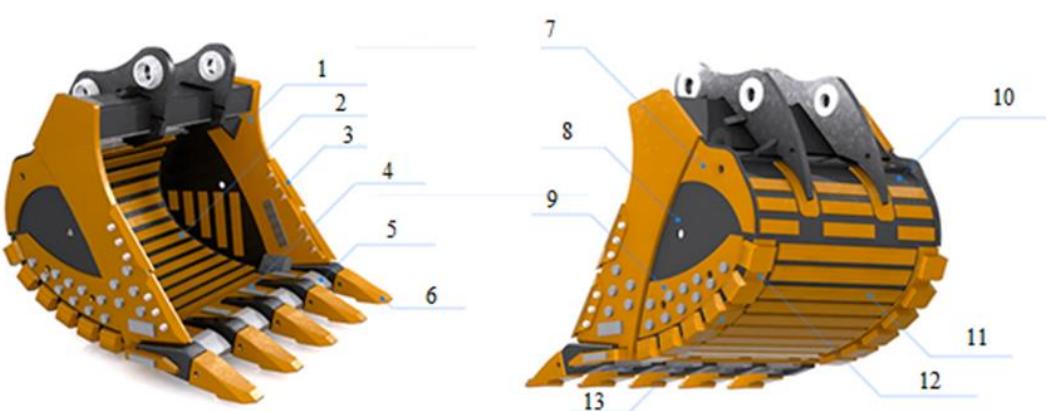


Рисунок 1 – Современная конструкция ковша карьерного экскаватора:
1 - боковой нож; 2 - полоз внутренний; 3 - бокорез (скользкий); 4 - нож;
5 - сегмент межзубьевый; 6 - коронка (скользкая); 7 - усиление щеки верхнее;
8 - щека; 9 - усиление щеки нижнее; 10 - днище; 11 - полоз; 12 - полоз боковой;
13 - защита угловая

В производственном процессе могут использоваться различные типы экскаваторных ковшей.



Рисунок 2 - Типы ковшей

Целью работы является определение рационального, экономическим обоснованного способа повышения износостойкости узлов ковша карьерного экскаватора.

Внедрение роботизированных установок выемочных машин, активно разрабатываемых в настоящее время, повысит безопасность ведения работ, но требует износостойких элементов рабочих органов [1].

В настоящее время одной из главных проблем карьерного транспорта является износ и поломка рабочего инструмента. Элементы оснастки ковша подвергаются значительному износу и требуют регулярной замены, поэтому важно знать, срок службы того или иного комплекта рабочего инструмента при ведении определенного типа работ.



Рисунок 3 – Поломки зубьев ковша

На изнашивание рабочей поверхности зубьев экскаваторов влияет абразивность и плотность добываемых горных пород.

Строение угольных пластов Кузнецкого угольного бассейна весьма разнообразно:

- простые (без породных слоев);
- сложные (с многочисленными породными слоями).

Доля сложных слоев составляет до 63 процентов.

Коэффициент крепости вскрышных пород по шкале профессора М.М. Протодьяконова в среднем составляет около $f = 4 - 8$. Условия работы экскаваторов характеризуются как весьма сложные [2]. В связи со сложностью и интенсивностью карьерных работ, происходит износ поверхности коронки зубьев. Плановый ремонт оборудования составляют от 12 до 20 % рабочего времени, аварийный простой от 1,2 до 5,9 %. На практике ремонтные работы могут превышать нормативы (производственный план) до двух раз.

Срок службы зубьев карьерного экскаватора (ЭКГ-8, ЭКГ-10), осуществляющего погрузку взорванной горной массы, как показывает практика не превышает 2 – 3 недели. Зубья приходят в негодность из-за поломок или существенного износа хвостовой части. Расходы на ремонт и замену, с учетом простоя карьерного транспорта, негативно сказываются на работе всего предприятия.

Увеличение срока службы карьерного оборудования, уменьшение времени, затрачиваемого на ремонт, являются комплексной задачей повышения эффективности и бесперебойности работы оборудования [3], которая зависит главным образом от выбора совокупности способов повышения надежности, включая методы нанесения защиты. Поэтому выбор способов защиты от износа деталей для решения проблемы надежности износостойкости является актуальным.

Проблемы повышения износостойкости металлов решаются на стадии производства, для эксплуатируемой техники следует подобрать рациональный способ увеличения сроков службы часто изнашиваемых элементов.

При работе с крупнокусковой горной массой наибольшему износу подвергается нижняя часть зуба экскаваторного ковша. При работе с мелкодисперсной породой изнашивается верхняя и нижняя часть зубьев.

Данные технологические особенности необходимо учитывать при осуществлении ремонтных работ.

К основным широко применяемым методам, повышающим срок службы ковшей экскаваторов, относятся: наплавка, газотермическое напыление, защитные накладки, закалка током высокой частоты [4].

Рассмотрим и проанализируем применяемые методы защиты.

При наплавке на оплавленную поверхность наносится слой расплавленного металла. Данный метод применяется предпочтительно для изделий с большой площадью обрабатываемой поверхности.



Рисунок 4 – Наплавка металла на изделие

Достоинствами метода являются:

- простота технологического процесса;
- хорошее качество изготовленного изделия.

Недостатки метода:

- необходимость использования в технологии дорогостоящего оборудования;
- применим только для обработки изделий с простой формой;
- большая зона нагреваемой поверхности детали;
- нагревание значительно снижает усталостную прочность металлической заготовки.

Ручной метод наплавки весьма трудоемок. Данный метод подходит не для всех сталей и их сочетаний (сплавов). В связи с большим объемом работ, оборудование нуждается в частом ремонте и обслуживании, а многократное восстановление наплавкой технологически неосуществимо.

Газотермическое напыление. При напылении поток расплавленных частиц материала будущего покрытия направляется на поверхность нагретой заготовки.



Рисунок 5 – Газотермическое напыление

Достоинствами метода являются:

- увеличение срока службы обрабатываемой детали;
- уменьшение расходных материалов, применяемых при напылении;
- повышение прочностных качеств обрабатываемой поверхности;
- простота процесса производства.

Недостатки метода:

- необходимость использования в технологии дорогостоящих оборудования и расходных материалов.

Защитные накладки являются недорогим и эффективным решением для защиты от износа. Они должны сочетаться с профилем оборудования. Накладки выполняют с креплением поверх режущей кромки, снизу или с обеих сторон сварным соединением.

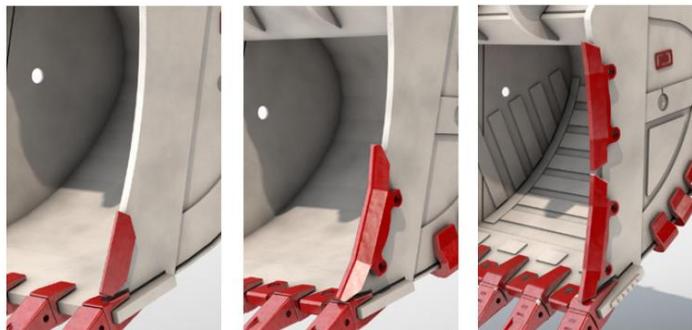


Рисунок 6 – Защитные накладки для экскаваторного ковша

Достоинствами метода являются:

- возможность применения для установки на детали сложной формы;
- возможность применения дополнительных ребер жесткости для повышения прочности изделия;
- минимальная возможность появления деформации.
- не создается напряжений в детали.

Недостатки метода:

- большая трудоемкость технологического процесса;
- плохая ремонтопригодность.

Закалка током высокой частоты. Закаляется только наружный слой, затем деталь быстро охлаждается. Металл внутри детали сохраняет свои изначальные свойства.



Рисунок 7 – Закалка током высокой частоты металлической детали

Достоинствами метода являются:

- возможность регулировки толщины закалляемого слоя;
- минимальная деформация изделия;
- надежный технологичный метод легирования стальных изделий.

Недостатки метода:

- применяется для обработки изделий простой формы;
- неоднородность толщины закаленного слоя детали;
- высокие требования к качеству обрабатываемой детали (отсутствие впадин, выступов, трещин, вкраплений и т.д.);
- деформация поверхности металлических изделий при нагревании.

Рассмотрев и проанализировав основные методы, повышающие срок службы рабочих органов ковшей экскаваторов, приходим к выводу, что рациональным видом защиты, позволяющим уменьшить стоимость и повысить эксплуатационные характеристики, является газотермическое напыление. В процессе производства происходит нагрев материала газовыми потоками для формирования необходимого защитного слоя. Поверхность изделия нагревается до 150°C с последующим охлаждением. При этом вероятность образования трещин и деформации детали минимальна. Целью напыления является создание защитного поверхностного слоя от износа. Необходимо отметить, что в процессе напыления применяются как отечественные (ООО «Технологические Системы Защитных Покрытий» г. Щербинка), так и зарубежные проволочные и порошковые материалы. Мобильная установка позволяет проводить газопламенное напыление деталей массой до 500 кг, длиной до 80 см и диаметром до 50 см [5].

Основные преимущества газотермического напыления:

- сохранение геометрии детали (зуба ковша);
- компактное и легкое в установке и обслуживании оборудование, применяемое в процессе работы;
- долговечность наносимого покрытия, значительно повышающего срок эксплуатации изделия;
- возможность зонального нанесения покрытия на поверхность детали;
- применяется для любых сталей и поверхностей;
- отсутствие негативного воздействия на окружающую среду.

Метод газотермического напыления позволяет многократно восстанавливать поверхность изделий и существенно продлить срок их эксплуатации. Показатели газотермического упрочнения поверхности деталей составляют 70–72 HRC. Закалка током высокой частоты дает прочность в районе 50–55 HRC [6]. Отсутствие деформации детали. Возможность нанесения защитного слоя локально в труднодоступных местах. Восстановленная методом газотермического напыления деталь ковша будет обладать высокой износостойкостью, что повысит время работы узла.

Поскольку износ экскаваторного зуба происходит неравномерно, то целесообразно производить защиту не всей детали, а наиболее выработанной части. Это позволит добиться равномерного износа деталей ковша. Данный способ является экономически целесообразным.

Таким образом, газотермическое напыление имеет широкую область применения и может быть полезным для оптимизации процесса добычи, так как снижает затраты при замене и ремонте рабочего инструмента карьерных экскаваторов. Использование напыления может быть особенно эффективно в современных условиях импортозамещения.

Список литературы

1. Мамаева, М. С. Возможности искусственного интеллекта при эксплуатации автономного робота-экскаватора в горнодобывающей области / М. С. Мамаева, Е. Г. Кузин // Повышение качества образования, современные инновации в науке и производстве: Сборник трудов Международной научно-практической конференции, Экибастуз, 29 мая 2020 года. – Экибастуз: Филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева" в г. Прокопьевске, 2020. – С. 92-97. – EDN DVCVL.
2. Болобов, В. И., Ахмеров, Э. В., Ракитин, И. В. Влияние вида горной породы на закономерности изнашивания коронки зуба ковша экскаватора // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2022. — № 6–2. — С. 189—204. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_62_0_189. URL: clck.ru/36XTAx (дата обращения 06.11.2023). - Текст: электронный.
3. Кузин, Е. Г. Мониторинг технического состояния редукторов частотно-регулируемого электропривода шахтных ленточных конвейеров / Е. Г. Кузин, Б. Л. Герике // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2016. – № 1. – С. 82-88. – EDN VPPSTL.
4. Зорин В. А. Физические основы надежности машин: Учеб. пособие – М.: МАДИ, 1981 - 102 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01001187963> (дата обращения 06.11.2023). - Текст: электронный.
5. АО «Плакарт» запустила первый в России мобильный комплекс газопламенного напыления. URL: <https://sdelanounas.ru/blogs/114048/> (дата обращения 09.11.2023). - Текст: электронный.

6. Теория и практика нанесения защитных покрытий / П.А. Витязь,
В.С. Ивашко, А.Ф. Ильющенко и др. - Минск: Беларусская наука, 1998 - 583 с.
URL: clck.ru/36WxKS (дата обращения 09.11.2023). -Текст: электронный.