

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И УПРОЧНЕНИЯ ЗУБЬЕВ КОВШЕЙ ЭКСКАВАТОРА «CATERPILLAR»

Ч. Дананжавын, И.Г. Сизов*, В.Б. Доржиев*

Дарханский технологический институт, г. Дархан, Монголия

*Восточно-Сибирский государственный технологический университет,
г. Улан-Удэ, Россия

Аннотация

Эффективность применения того или иного метода восстановления и упрочнения деталей определяется двумя важнейшими факторами: коэффициентом повышения стойкости обрабатываемой детали и экономическими затратами. В данной работе приведены результаты технико-экономической оценки эффективности использования метода плазменного напыления для восстановления и упрочнения зубьев ковшей экскаватора «Caterpillar». Для оценки эффективности использовались методы анализа стоимостного инжиниринга.

Введение

Конечный результат научно - исследовательской работы оценивается повышением технико-экономической эффективности. Конечная цель деятельности, выполненной в научной и технико-экономической сфере (совершенствование, улучшение, модернизация, конструирование) определяется ее экономическим характером. Если рассматривать их с экономической стороны, то в научной и технико-технологической сфере требуется усовершенствование и улучшение ввода (промышленный ресурс), преобразование процесса (способы и технологий), выпуска (результат). В конечном счете, результат их осуществления определяется повышением эффективности и производительности в экономической сфере. Поэтому, перед исследователем стоит задача доказать, что конечная цель деятельности в теоретической и практической сфере оценивается не только с технико-технологической, но также и с экономической стороны.

Результаты исследований и их обсуждение

Очевидно, что восстановление изношенных деталей экономически выгодно, если затраты на восстановление не будут превышать стоимость новых деталей, а их ресурс будет соизмерим (или превышать) с ресурсом новых деталей.

В данной работе для восстановления изношенных зубьев экскаватора использовали метод сверхзвукового воздушно - плазменного напыления. При этом износостойкость деталей, восстановленных этим методом в 2...3,5 раза выше по сравнению с новыми деталями.

В настоящее время оценку экономической эффективности технологии восстановления производят по соответствующему коэффициенту [1]:

$$F_9 = 1 - \frac{1}{F_u} = 1 - \frac{1}{5} = 0,5 \quad (1)$$

где, F_u – коэффициент целесообразности.

$$F_u = \frac{C_n \cdot t_g}{C_B \cdot t_n} = \frac{176000 \cdot 320}{68000 \cdot 160} = 5 \quad (2)$$

где, C_n и C_B - стоимость новой и восстановленной деталей соответственно; t_n и t_g - ресурс (средняя наработка до отказа) новой и восстановленной деталей соответственно.

В последнее время для оценки конечного результата в Монголии применяется метод стоимостного инжиниринга (value engineering). Этот метод дает возможность оценивать результаты научно - исследовательской работы, как со стороны технической новизны, так и экономической эффективности [2].

Исходя из этого, в данной работе определили технико-экономическую эффективность исследований методом стоимостного инжиниринга.

При определении результатов оценки уровней свойств покрытий для восстановления зубьев ковша экскаватора «Caterpillar» учитывали:

1. Прочность сцепления покрытия с основой;
2. Микротвердость покрытия;
3. Скалывание покрытия;

4. Разрушение покрытия;
5. Пористость покрытия;
6. Плотность покрытия;
7. Прочность сцепления между частицами в покрытии.

С помощью этих показателей обрабатывали сравнительные оценочные матрицы образцов с плазменно-напыленными (A_r-N_2) и сверхзвуковыми плазменно-напыленными с последующим оплавлением покрытиями (табл. 1).

Таблица 1 – Обобщение результатов оценки качественных уровней плазменно-напыленных покрытий зубьев ковша экскаватора “Caterpillar”

Показатели качества	Образец, обработанный плазменным напылением (A_r-N_2)	Образец, обработанный сверхзвуковым плазменным напылением с последующим оплавлением	Результат
Прочность сцепления покрытия с основой, МПа	80	120	увеличивается в 1,5 раза
Микротвердость покрытия, HV	440	680	увеличивается в 1,5 раза
Скалывание покрытия	происходило	не обнаружено	100%
Дефект на покрытии	обнаружено	не обнаружено	100%
Пористость покрытия	2...15%	1...3%	на 9% меньше
Плотность покрытия	96%	99%	+2%
Прочность сцепления между частицами в покрытии, МПа	100	180	увеличивается в 1,8 раза

Из таблицы следует, что при применении плазмотрона со сверхзвуковой скоростью и с последующим оплавлением прочность сцепления покрытия с основой повышается в 1,5 раза, и пористость покрытия понижается на 9% раз. Кроме того, микротвердость повышается в 1,5 раза, а в покрытии не обнаруживается скалывание и отсутствуют трещины.

Из выше обобщенных результатов следует, что уровень качества повышается на 85,6 %.

С применением метода сверхзвукового воздушно-плазменного напыления с последующим оплавлением резко повышаются следующие технологические показатели, приведенные в табл. 2.

Из таблицы 2 следует, что при применении сверхзвукового воздушно-плазменного напыления с последующим оплавлением улучшаются физико-механические свойства и структура покрытий, снижается себестоимость восстановленных деталей и используется экологически чистая технология.

Технико-экономическая эффективность оценивалась с помощью расчета технологической новизны, некоторых технических показателей (силы сопротивления при отрыве покрытий $\sigma_{сц}$, напряжения скола покрытий $\sigma_{ск}$, величины предельной деформации $\varepsilon_{пред}$), общего уровня качества, трудовых затрат и производительности (табл. 3)).

Экспериментально доказано, что в условиях обработки плазменного напыления (A_r-N_2) образуется низкая прочность сцепления покрытия с основой, достаточно высокая пористость, образуются трещины и наблюдается скалывание покрытия.

В результате обработки зубьев ковша экскаватора “Caterpillar” методом сверхзвукового воздушно-плазменного напыления с последующим оплавлением существенно увеличивается прочность сцепления покрытия с основой и микротвердость покрытий, снижается пористость покрытий и при этом не обнаруживается скалывание покрытия и нарушение поверхности.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
МЕТОДА ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И УПРОЧНЕНИЯ
ЗУБЬЕВ КОВШЕЙ ЭКСКАВАТОРА «CATERPILLAR»

Таблица 2 – Технологические показатели сверхзвукового воздушно-плазменного напыления с последующим оплавлением

№	Плазменное напыление	Воздушно-плазменное напыление с последующим оплавлением	Результаты
I	Плазмообразующий газ: A_r+N_2	Плазмообразующий газ: воздух+пропан	- тормозится окислительный процесс; - интенсифицирует теплоотдачу к частицам напыляемого материала; - технологический процесс становится экологически чистым; - снижается себестоимость восстановленных деталей.
II	Напыление производится на дозвуковых скоростях истечения плазменной струи	Напыление производится на сверхзвуковых скоростях истечения плазменной струи	- повышается прочность сцепления покрытия с основой; - увеличивается площадь пятна химического взаимодействия покрытия и основы; - увеличивается плотность покрытия (>99%); - повышается кинетическая энергия частиц в 9-14 раз; - снижается пористость покрытия до 5%; - снижается степень окисления и выгорания элементов на 50-80%; - имеют равномерную структуру; - снижается уровень остаточных напряжений; - возможность получения покрытий толщиной от 15 мкм до 5 мм и более; - оказывает малое тепловое воздействие (100-150 °C) на обрабатываемую деталь.
III		После напыления оплавливали	- повышается прочность сцепления покрытия с основой; - повышается прочность сцепления между частицами в покрытии; - обеспечивает плавный переход физико-механических свойств покрытия от поверхности к подложке.

Сравнительные расчеты некоторых технических параметров показывают, что повышается сила сопротивления при отрыве покрытий в 1,5 раза, не происходит скалывания и нарушения покрытий.

Расчеты технико-экономической эффективности показывают, что снижаются трудовые расходы на 50%, в связи с этим трудовые затраты снижаются на 68000 тугриков или на 50 %, повышается производительность на 70%. В связи с внедрением в производство метода сверхзвукового плазменного

напыления с последующим оплавлением, общий уровень качества восстановленных деталей повышается на 93,6 %.

Вывод

Сверхзвуковое плазменное напыление с последующим оплавлением является прогрессивным технологическим процессом, имеющим широкие возможности для внедрения в производство. Применение данной технологии позволяет увеличить ресурс работы восстановленных деталей и улучшает физико-механические свойства покрытий.

Таблица 3 – Оценка технико-экономической эффективности технологической новизны-плазменно-напыленных покрытий

№	Показатели	Плазменное напыление	Сверхзвуковое воздушно - плазменное напыление с последующим оплавлением	Результаты
I	Результаты технико-технологической новизны			
	Технологическая новизна	- низкая прочность сцепления покрытия с основой; - низкая микротвердость; - высокая пористость покрытий	- высокая прочность сцепления покрытия с основой; - высокая микротвердость; - низкая пористость покрытий	- увеличивается прочность сцепления покрытия с основой; - повышается микротвердость покрытия; - снижает пористость покрытий; - не происходит скалывания покрытия; - не обнаружено дефектов на покрытии; - повышается плотность покрытия; - увеличивается прочность сцепления между частицами на покрытии
II	Уровень технических показателей			
	- сила сопротивления при отрыве покрытий, $\sigma_{сц}$ - напряжение скола покрытия, $\sigma_{ск}$ - величина предельной деформации, $\varepsilon_{пред}$	70 не происходит скалывания обнаружены дефекты	120 не обнаружено не обнаружено	Повышается в 1,7 раза 100% 100%
III	Экономическая эффективность			
1	Общий уровень качества			93,6%
2	Трудовые затраты, туг.	176000	68000	снижается на 50%
3	Трудовые расходы, мин	57	28,5	снижается в 2 раза
4	Производительность, кг/час	7	10	повышается на 70%

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соловьев А.А. Оценка экономической эффективности восстановления изношенных деталей. Северо-Кавказский государственный технический университет. Материалы VII региональной научно-технической конференции «Вузовская наука-Северо-Кавказскому региону». Ставрополь: СевКавГТУ. 2003.

2. Алтантуяа Б., Оюунцэцэг Л. Судалгаа шинжилгээний ажлын эдийн засгийн үр ашгийг өртгийн инженерчлэлийн аргаар үнэлэх нь. Инженерийн боловсрол өрсөлдөх чадвар. МУТИС. ЭШБ. 2000. ин напылением и наплавкой. –М.: Машиностроение, 1987. –229 с.