

УДК 621.791.75.042

Пресняков В. А., Кожокарь А. А., Дьяченко И. О.

РАЗРАБОТКА СОСТАВА ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ НАПЛАВКИ С ОПЛАВЛЕНИЕМ ОБОЛОЧКИ

Электроконтактное нанесение порошковых покрытий, характеризующееся высокой производительностью и качеством, находит широкое применение при восстановлении и упрочнении деталей и рабочих органов машин, подвергающихся абразивному износу [1, 2].

Однако, недостатками данного процесса являются: низкая стойкость электродов машин электроконтактной наплавки (ЭКН), невозможность эффективного применения высокоизносостойких порошков с ограниченной электропроводностью (различные нитриды, карбиды и т. д.) [3].

Одним из путей решения данной проблемы является электроконтактная наплавка порошковой проволокой (ЭКНПП). По сравнению с широко применяющимися технологиями восстановления и упрочнения (дуговая наплавка, напыление, гальваническое осаждение) данный способ имеет ряд преимуществ, которые позволяют получать биметаллический слой металла, состоящий из пластичной прослойки и износостойкой фазы. Прочность сцепления оболочки с основным металлом повышается при электроконтактной наплавке порошковой проволокой с оплавлением оболочки [4].

Целью данной работы является повышение износостойкости наплавленного слоя путем увеличения количества неэлектропроводных компонентов в шихте порошковой проволоки.

Для достижения поставленной цели исследовалась возможность повышения количества функциональных наполнителей, являющихся полупроводниками или диэлектриками. Порошковый материал заключался в металлическую оболочку, при этом ток идет по оболочке, что позволяет повысить количество частиц с ограниченной электропроводностью. Шихта порошковой проволоки содержала 35 % феррохрома ФХ800, 3 % FeC, остальное железный порошок. Для получения сравнительных данных проводилась также электроконтактная наварка порошка без оболочки. Проведенные исследования показали резкое отличие режимов (рис. 1).

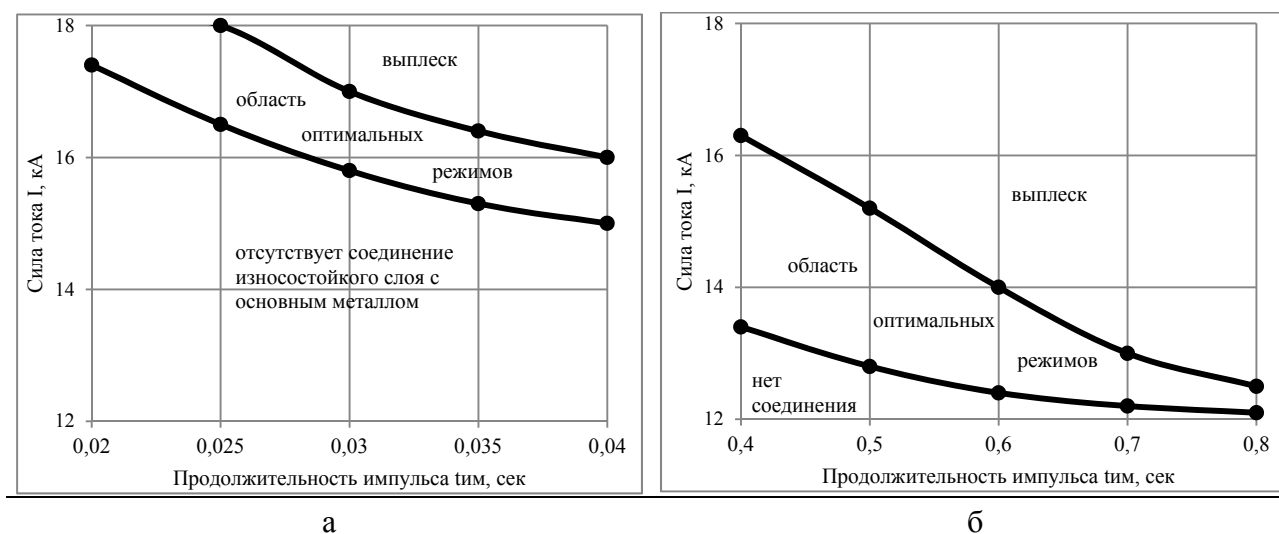


Рис. 1. Область оптимальных режимов при ЭКН(Fe+35%FeCr+3%FeC):
а – наварка порошка без оболочки; б – наплавка порошковой проволокой.

При наварке по известной технологии оптимальными являются «жесткие» режимы: большой ток (15–18 кА) малой длительности (0,02–0,04 с). В нашем случае, при данных режимах, спекания практически не происходит, причем отсутствует соединение оболочки с основным металлом. Оптимальными режимами являются: ток 12–15 кА, время импульса 0,4–0,8 с, усилие на электроде 1,2–2,0 кН.

Определение количества неэлектропроводных добавок проводилось с использованием следующих компонентов: в качестве матрицы композиционного слоя – порошки железа, никеля, «Сормайт»; износостойкие добавки: FeC, FeTi, V_4C ; флюсующий компонент – B_2O_3 .

При добавлении к железному порошку FeC устойчивость процесса резко ухудшается. Область стабильности электроконтактного процесса монотонно уменьшается и при 100 % FeC на графике изображается кривой, разделяющей зону исследуемых режимов на две части. Внизу расположены режимы, при которых не происходит соединение оболочки порошковой проволоки с основным металлом, а выше расположена область режимов, при которых происходит разрушение оболочки (выплеск расплавленного порошкового металла) (рис. 2, а). Таким образом, для смеси Fe порошка и FeC максимально возможным количеством FeC с технологической точки зрения является 30–35 % вес. Это объясняется высоким удельным электросопротивлением FeC, по сравнению с железом (более чем в 2 раза), поэтому основное тепловложение происходит в его частицах и они, расплавляясь, прожигают оболочку. К полученной смеси 35 % FeC + Fe_{пор}, добавляли 2,5–10 % карбидов бора B_4C .

Область режимов наварки данного состава представляет собой узкую полоску в координатах ток (кА), время (с). При превышении выбранных оптимальных значений тока и времени протекания импульса расплавленный порошок прожигает стальную оболочку, причем происходит разбрасывание нерасплавившихся частичек тугоплавкого ($T_{пл} - 2673$ К) карбида бора (рис. 2).

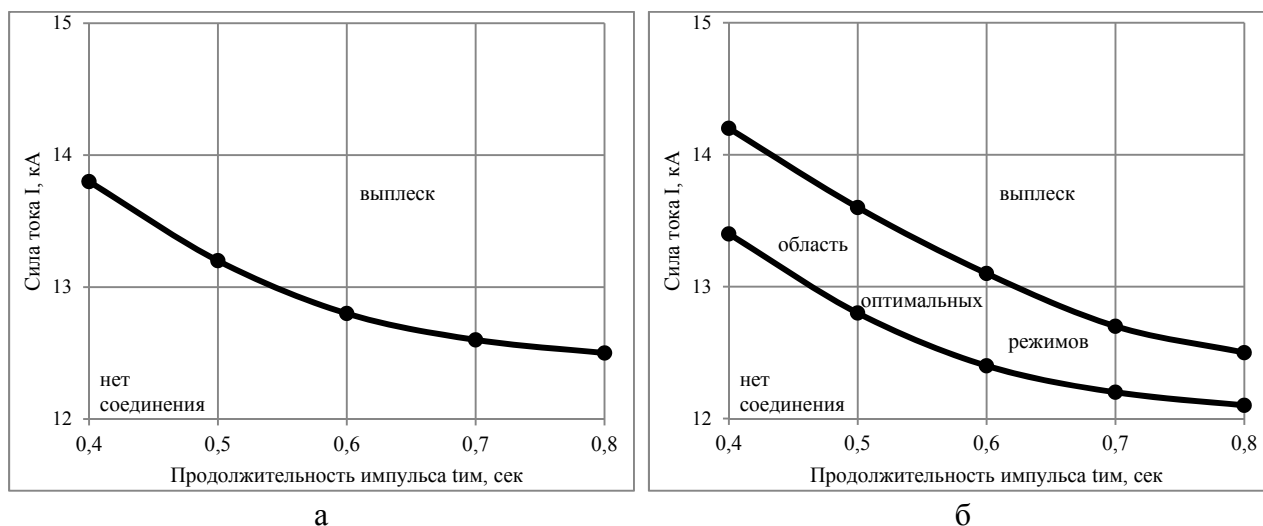


Рис. 2. Область оптимальных режимов при ЭКН порошковой проволокой: а – 100 % FeC; б – (Fe+35 %FeCr+7,5 % B_4C).

Для получения прочного соединения между частицами порошкового материала необходимо определить условия нагрева шихты порошковой проволоки при ЭКНПП.

Температура нагрева участвующих в электроконтактном процессе деталей определяется многими теплофизическими, геометрическими и технологическими факторами [5].

Экспериментальное определение температуры нагрева присадочного материала производилось на модернизированной точечной машине МТ-1222-У4. Температура измерялась с помощью хромель – алюмелевых термопар, расположенных в центре порошкового материала и в зоне контактов между оболочкой и деталью, между оболочкой и электродом.

Регистрация сигнала осуществлялась шлейфовым осциллографом К12-22. За эталонное значение температуры принимали температуру плавления свинца. Изменяемыми параметрами были диаметр ($D_{об}$) и толщина ($\delta_{об}$) оболочки, начальная плотность порошкового материала (ρ_0), технологические параметры режима: ток (I), усилие на электрод (P), время протекания импульса тока ($t_{им}$).

На рис. 3 показана зависимость температуры оболочки и порошкового материала от силы тока и длительности его протекания. За время 0,4–0,6 с. температура оболочки достигает своего максимума, затем, несмотря на продолжающееся протекание электрического тока температура оболочки заметно падает. Это связано с перемещением зоны тепловыделения. В начальный момент тепло выделяется в зоне контакта оболочки и детали, за счет этого тепла происходит нагрев оболочки до максимальной температуры. Одновременно с этим происходит нагрев и деформация всего присадочного материала, что приводит к резкому увеличению площади контакта между оболочкой и деталью и исчезновению контактного сопротивления. При этом снижается плотность тока в контакте и увеличивается теплоотвод в наплавляемую деталь. Все эти процессы обуславливают уменьшение температуры оболочки на втором этапе ЭКНПО.

Кривые изменения температуры порошкового материала, заключенного в металлическую оболочку также хорошо согласуются с данными об электросопротивлении порошка и оболочки.

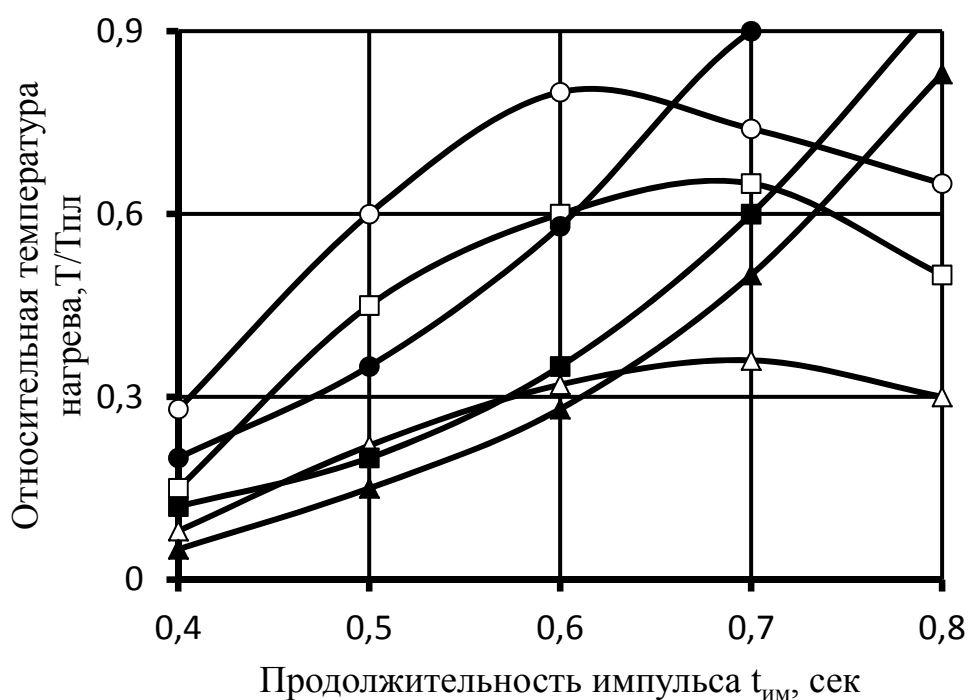


Рис. 3. Зависимость температуры нагрева от параметров режима:

○● – 18–20 кА; □■ – 14–16 кА; △▲ – 10–12 кА: ○□△ – порошок в оболочке; ●■▲ – порошок без оболочки.

На первом этапе температура порошка увеличивается медленно, так как нагрев в основном происходит за счет теплоотвода от оболочки. После деформации присадочного материала, когда электрический ток начинает протекать непосредственно через порошковый слой, температура порошка резко возрастает за счет тепловыделения в контактах между частицами порошкового материала. Причем температура нагрева порошка может превышать температуру оболочки.

Для определения износостойкости наплавку производили на шовной машине МШП-100-1. Параметры режима наплавки были следующие: ток наплавки $I_H = 12,5$ кА; время импульса тока $t_{и} = 0,65$ с; усилие на электродах P изменялось в пределах от 0,25 кН до 1,5 кН. Прочность сцепления определяли при испытании на срез специально изготовленных образцов на разрывной машине УММ-5 (ГОСТ 7855-08) по методике изложенной в [6].

Результаты экспериментов показывают, что износостойкость слоя, наплавленного разработанной порошковой проволокой в 2,1–2,5 раз выше, чем составами, применяемыми в настоящее время.

В наплавленном слое, полученном способом ЭКНПП, практически отсутствует выкрашивание износостойких частиц из матрицы. Повышение прочности сцепления между частицами порошкового материала объясняется более благоприятными условиями уплотнения и спекания порошка, создающимися при наличии оболочки. Оболочка предохраняет порошковый материал от чрезмерного окисления при нагреве, создает напряженное состояние близкое к всестороннему сжатию, предотвращает электроразрядный процесс, а, следовательно, перегрев и расплавление частиц.

Способ электроконтактной наплавки порошковой проволокой с оплавлением оболочки (ЭКНППО) позволяет повысить прочность соединения присадочного и основного металлов в 1,3–1,8 раз.

ВЫВОДЫ

1. Установлена возможность повышения количества износостойкой фазы композиционного покрытия состоящей из компонентов-диэлектриков при применении металлической оболочки. Для исследуемых составов оптимальным является 5–10 % наполнителей-диэлектриков.
2. Предложенный состав порошковой проволоки ($Fe+35\%FeCr+7,5\%V_4C$) позволяет в 2,1–2,5 раза повысить износостойкость наплавленного слоя
3. Температура в зоне контакта между оболочкой и деталью достигает температуры плавления материала оболочки 1530–1550 °С, а сердечник порошковой проволоки нагревается до температуры $0,85 T_{пл.}$, что позволяет получать порошковый слой в режиме спекания.
4. Оптимизированы режимы наплавки разработанной порошковой проволокой (сварочный ток 12–15кА при длительности импульса 0,4–0,8 с).
5. Прочность сцепления наплавленного слоя при ЭКНПП с оплавлением оболочки в 1,3–1,8 раза выше, чем при наварке порошковой проволоки без оплавления оболочки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пресняков В. А. Разработка технологии упрочнения рабочих органов кукурузоуборочного комбайна / В. А. Пресняков, Д. А. Волков // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії : збірник наукових праць. – Краматорськ : ДДМА, 2011. – № 1 (22). – С. 138–141.
2. Волков Д. А. Упрочнение рабочих органов почвообрабатывающих машин электроконтактной наплавкой / Д. А. Волков, В. Т. Катренко, В. А. Пресняков // Современные сварочные и родственные технологии : Материалы МНТК : – Николаев, УГМНТУ им. адмирала Макарова, 2003 – С. 90.
3. Дорожжкин Н. Н. Упрочнение и восстановление деталей машин металлическими порошками / Н. Н. Дорожжкин. – Мн. : Наука и техника, 1975. – 152 с.
4. Пресняков В. А. Особенности получения биметаллического слоя при электроконтактной наплавке порошковой проволокой с оплавлением оболочки / В. А. Пресняков, Д. А. Волков // Вестник Донбасской государственной машиностроительной академии : сборник научных трудов – Краматорск : ДГМА. – 2012. – №. 3 (28) – С. 232–235.
5. Волков Д. А. Особенности нагрева присадочного материала при электроконтактной наплавке порошковой проволокой / Д. А. Волков, В. А. Пресняков // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії : збірник наукових праць. – Краматорськ : ДДМА, 2011. – № 1 (22). – С. 34–39.