

ПОКРЫТИЯ ИЗ МЕХАНОАКТИВИРОВАННЫХ СВС-МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН, НАПЛАВЛЕННЫЕ РУЧНЫМ ДУГОВЫМ СПОСОБОМ

А. А. Ситников, В. И. Яковлев, А. В. Собачкин,
М. Н. Сейдулов, М. Е. Татаркин

Работа посвящена актуальной теме повышения износостойкости рабочих органов сельскохозяйственных машин, эксплуатирующихся в условиях химически агрессивной внешней среды и высокого абразивного изнашивания. Установлено, что введение в наплавленный слой карбидов металлов с помощью порошковых электродов из СВС-материалов повышает микротвердость наплавленного слоя и, следовательно, его износостойкость, что позволит в 3 - 5 раз увеличить срок службы рабочих органов (в частности, стрелчатых лап культиваторов и сеялок) сельскохозяйственной техники.

Ключевые слова: композиционный материал, самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС), механоактивационная обработка, дуговая наплавка.

Алтайский край — это сельскохозяйственный регион страны, в котором насчитывается порядка 60 районных центров. Большой объем сельскохозяйственной продукции производится как крупными хозяйствами, так и более мелкими фермерскими. В сложившейся экономической ситуации наблюдается устойчивый рост фермерских хозяйств, увеличение площади пашни под зерновые и другие агротехнические культуры, что, несомненно, порождает спрос на рабочие органы сельскохозяйственных машин. К примеру, только хозяйства Алтайского края ежегодно потребляют свыше 200 тыс. лап культиваторов и сеялок, не считая позиций по другим рабочим органам.

К рабочим органам сельхозмашин относятся лемеха плугов, отвалы плугов, диски тяжелых борон, лапы культиваторов и сеялок, наральники культиваторов и сеялок и другие. Они в основном предназначены для подрезания почвы и оборачивания пласта грунта, для нарезания пласта в вертикальной плоскости, для снятия верхнего слоя почвы и укладывания его на дно борозды, а также для рыхления пахотного слоя, не вынося его на поверхность. Следует также отметить, что резание почвы является самой распространенной технологической операцией в сельскохозяйственном производстве: вспашка, культивация, боронование, уборка зерновых и технических культур и т.п. операции составляют не менее 70 % всего объема механизированных работ.

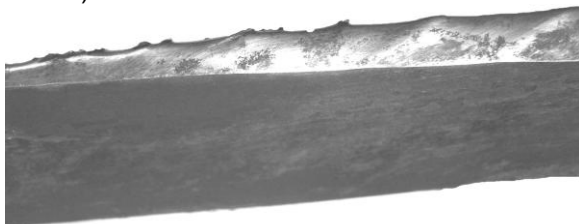
В то же время от состояния лезвия рабочего органа сельхозмашины зависят, в первую очередь, такие показатели работы, как степень подрезания сорных растений; средняя глубина культивации; устойчивость хода рабочих органов по глубине; их забираемость (обволакиваемость выдернутыми сорняками); рабочее сопротивление рабочих органов.

Однако при взаимодействии с грунтом рабочие органы почвообрабатывающих и посевных машин подвергаются интенсивному абразивному изнашиванию. В процессе изнашивания рабочих органов режущие кромки затупляются. На кромке лезвий и носка образуется обратная фаска, которая отрицательно влияет на устойчивость хода рабочих органов по глубине, изменяется форма носка (рис. 1, а), а также форма и ширина лезвия лапы (рис. 1, б). Затупившиеся лапы увеличивают тяговое сопротивление и поэтому снижают производительность, при этом расход топлива возрастает на 15 – 20 %.

Кроме того, рабочие органы сельхозмашин эксплуатируются в условиях химически агрессивной внешней среды, что связано с добавлением в почву различных удобрений и наличием в ней влаги. В совокупности эти факторы оказывают настолько сильное воздействие на рабочие органы сельхозмашин, что делает их непригодными к эксплуатации практически через несколько часов интенсивной работы сельхозтехники.



а)



б)

Рисунок 1 – Износ стрелчатой лапы:
а) – изменение формы носка лапы, б) – изменение формы и ширины лезвия лапы

В связи с этим, повышение износостойкости рабочих органов сельскохозяйственных машин отечественного производства, является актуальной проблемой для производителей и потребителей, т.к. ресурс работы многих элементов сельскохозяйственной техники ниже импортных аналогов в 1,5 – 2 раза. В настоящее время для повышения долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин применяется термообработка, индукционная наплавка, плазменное напыление, газопламенная наплавка, плакирование и др. В результате таких операций деталям придается твердость 35...45 HRC, удовлетворительная ударная вязкость и повышается их износостойкость.

В Алтайском крае из перечисленного комплекса повышения износостойкости рабочих органов сельхозтехники применяется механизированная индукционная наплавка (ГК «Алмаз», г. Рубцовск). Например, выпускаемые им цельноштампованные лапы культиваторов из листовой стали 65Г толщиной 10 мм с индукционной наплавкой сормайт, имеют гарантийную наработку 25 га, что считается недостаточным для проведения предпосевной обработки, совершаемой, как правило, в очень короткие сроки (10-12 дней и хотя бы 100 га). Кроме того, качество наплавленного слоя оставляет желать лучшего из-за несовершенства технологического процесса наплавки сормайт и отсутствия операции термообработки лап, что приводит к незначительному повышению долговечности рабочих

органов сельхозмашин. К тому же, этот способ предполагает наличие дорогостоящего высокочастотного оборудования для наплавки, что препятствует его использованию на малых и средних предприятиях, а также оказывает негативное воздействие на здоровье работников, занятых в данном производственном процессе.

В связи с этим, можно сделать вывод, что известные и используемые до этого времени материалы для повышения износостойкости рабочих органов не удовлетворяют современным потребностям фермерских хозяйств по своим физическим, механическим свойствам либо по их стоимости. Выход следует искать в создании новых материалов или композитов, отвечающих требованиям работы изделий на их основе в заданных условиях среды.

Так, одним из способов достижения высокой износостойкости является применение твердых сплавов. Твердые сплавы все чаще используют в качестве конструкционного материала изнашивающихся деталей узлов трения и режущего инструмента. Они состоят из карбидов и связующей фазы и изготавливаются методами порошковой металлургии. Наличие в наплавленном слое карбидов тугоплавких металлов (TiC, NbC, VC, WC, MoC) повышает твердость и износостойкость металла, что в свою очередь увеличивает срок службы работы рабочих органов сельхозтехники. Например, карбид титана обладает наиболее высокой температурой плавления, а также твердостью из всех широко применяемых для легирования карбидов тугоплавких металлов. Кроме того, структура наплавленного металла при комплексном способе легирования готовым соединением карбида титана обеспечивает высокую износостойкость и твердость сплава, что дает возможность многократного увеличения срока службы изделий.

В связи с этим, одной из главных задач по созданию новых сварочных материалов для дуговой наплавки, обладающих высокими физико-механическими и технологическими свойствами является разработка специальных порошковых материалов (в том числе, и для порошковых электродов), а также экономических и экологически чистых технологий их получения.

К числу таких материалов и технологий могут быть отнесены материалы, полученные методом СВС. Существует большой резерв управления свойствами материала покрытия

за счет модифицирования и создания композитной структуры.

Перспективным методом получения композиционных материалов для наплавки является проведение СВС-реакций в металлических матрицах, для чего проводится механоактивационное перемешивание металла матрицы и компонентов-реагентов в планетарной шаровой мельнице. Преимущества синтеза в матрицах состоят в высокой дисперсности и равномерности распределения частиц, образующихся фаз в матрице, в общем случае недостижимые при использовании простого смешивания ранее синтезированных соединений.

Рабочие органы сельхозмашин помимо интенсивного абразивного износа подвергаются существенной коррозии, что связано с их эксплуатацией в почве, которая сама по себе является агрессивной средой для материалов основы рабочих органов. В связи с этим в качестве матрицы при СВС-реакции используется никель-хромовая основа, способная противостоять коррозионным изменениям.

Для получения требуемого композита смешиваются порошки углерода, титана и наплавочный порошок ПР-Н70Х7С4Р4-3 в определенном соотношении. Затем порошковая смесь подвергается механической активации в планетарной шаровой мельнице в течение заданного интервала времени. После механоактивации в полученной смеси проводится СВС-реакция, необходимая для синтеза карбида титана в никель-хромовой матрице, которая осуществляется в режиме фронтального горения. В результате реакции синтезируется требуемый композит $TiC+ПР-Н70Х7С4Р4-3$. После СВС-реакции производится разбавление полученной смеси наплавочным порошком ПР-Н70Х7С4Р4-3 до нужного соотношения. Получившаяся смесь является готовым порошком для наплавки.

Изготовление основы электрода происходит путем протягивания стальной пластины через фильеру с тремя отверстиями разного диаметра. Процесс протягивания схематично изображен на рисунке 2.

Далее идет этап непосредственного изготовления электрода. Для этого произведенный СВС-порошок засыпается внутрь трубки. После чего края трубки плотно зажимаются, и на электрод наносится обмазка методом окунания. Получившийся электрод подвергается стандартной операции – сушке в термопечи. После этого электрод является готовым изделием и им можно проводить на-

плавку рабочих органов с целью повышения износостойкости.

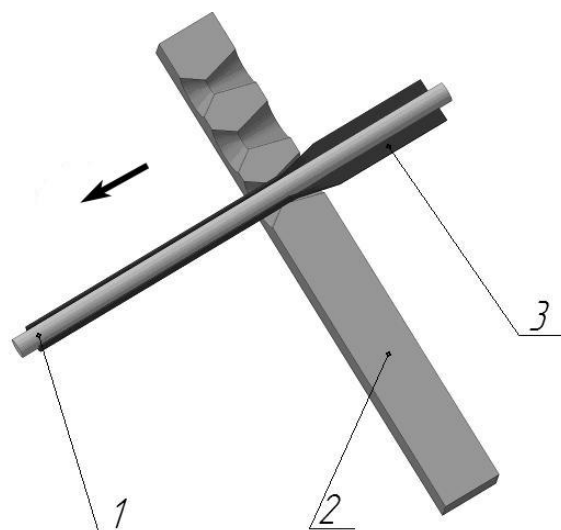


Рисунок 2 – Схема протяжки трубки:
1 – стержень, 2 – фильера, 3 – пластина

Экспериментальные исследования по определению микротвердости и износостойкости покрытий в зависимости от степени разбавления металлом матрицы проводились на наплавленных покрытиях из порошков механоактивированных СВС-композитов состава $TiC+ПР-Н70Х17С4Р4-3$ (X % масс.) Для измерения твердости в направлении от наплавленного слоя к основному металлу использовался микротвердомер для проведения испытаний по Виккерсу 402MVD с возможностью работы в автоматическом и ручном режиме в диапазоне нагрузок: 0,01-2 кг. Результаты измерений представлены на рисунке 3, а – в.

Исходя из характера зависимостей, можно сделать вывод, что микротвердость наплавленного слоя в несколько раз превосходит микротвердость материала основного металла (сталь 45) и возрастает при увеличении процентного содержания карбидов в матрице наплавочного порошка. Также следует отметить, что многими учеными установлен факт существенного нелинейного повышения износостойкости материалов с приближением их твердости к твердости основного абразивного элемента почвы – кварца. Исходя из вышеизложенного, можно прогнозировать значительный прирост к износостойкости кромок рабочих органов сельхозмашин.

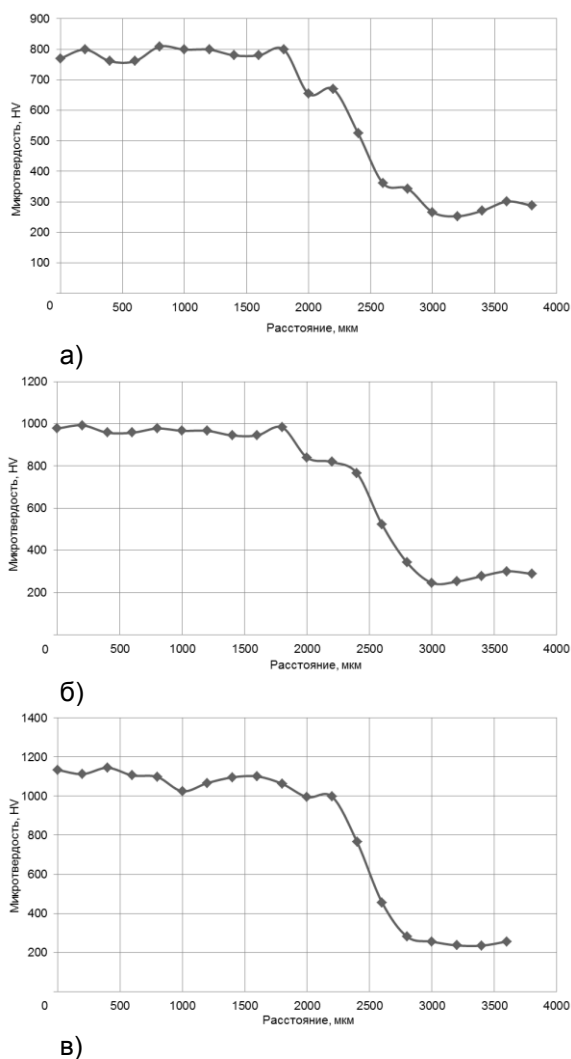


Рисунок 3 – График распределения значений микротвердости в направлении от наплавленного слоя к основному металлу в образце TiC + ПР-Н70Х17С4Р4-3 (Х % масс.) – СВС-механокомпозит:

а) 90 %, б) 80 %, в) 70 %

Для подтверждения этого в лабораторных условиях были проведены исследования по определению весового износа покрытий в зависимости от степени разбавления металлом матрицы.

В качестве испытательного оборудования использовалась машина трения, предназначенная для испытаний различных фрикционных и смазочных материалов на трение и износ с максимальным моментом трения 40 Н·м и максимальной частотой вращения шпинделя 3000 мин⁻¹.

Для выбора параметров испытаний использовался ГОСТ 17367-71 «Металлы. Метод испытания на абразивное изнашивание

при трении о закреплённые абразивные частицы».

Исследования проводились с использованием специально изготовленных образцов представляющих собой гладкие цилиндрические образцы соответствующих размеров.

В качестве абразивного материала был выбран диск, который изготавливался из абразивной листовой шкурки марки Л2Э620×50С115А25-ВМА ГОСТ 6456-82. В качестве абразивного материала использован электрокорунд нормальный А15 зернистостью 25 (ГОСТ 3647-71).

Результаты испытаний по определению весового износа наплавленных покрытий в зависимости от степени разбавления металла матрицы карбидами представлены в таблице и на рисунке 4.

Таблица – Результаты исследования износостойкости наплавленных покрытий

Серия испытаний	Степень разбавления металлом матрицы, % масс		
	90	80	70
	Весовой износ, г		
1	0,0487	0,0523	0,0372
2	0,0391	0,0341	0,0259
3	0,0471	0,0382	0,0228
4	0,0464	0,0302	0,0132
5	0,0352	0,0273	0,0155
6	0,0487	0,0523	0,0372
Сравнительное испытание			
Сталь 45	0,2581	0,2422	0,2329
	0,2174	0,2283	0,2581

По результатам исследования износостойкости установлено, что наплавленные дугвым способом покрытия из порошков СВС-механокомпозитов состава TiC+Х % ПР-Н70Х17С4Р4-3 с 90 % степенью разбавления металлом матрицы имеют меньшую сопротивляемость изнашиванию, что можно объяснить более высоким содержанием металла матрицы. При снижении степени разбавления металлом матрицы композита повышается интенсивность перехода карбидообразующих элементов из порошков СВС-механокомпозитов в наплавленный металл, что обеспечивает повышение износостойкости и твердости покрытия.

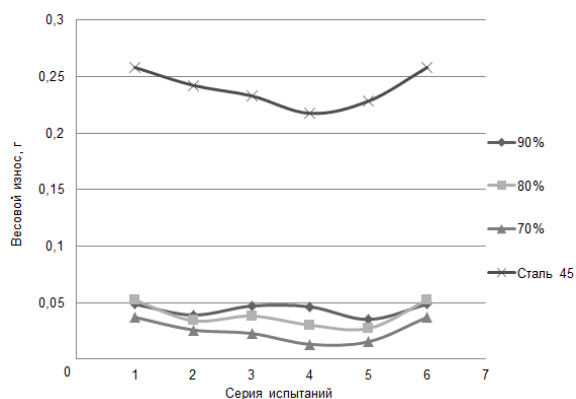


Рисунок 4 – Весовой износ наплавленных образцов

По итогам работы можно сделать вывод, что применяемый способ повышения износостойкости с помощью порошковых электродов из СВС-материалов позволит существенно (в 3 - 5 раз) увеличить срок службы рабочих органов (в частности, стрельчатых лап культиваторов и сеялок) сельскохозяйственной техники.

Особым достоинством ручной дуговой наплавки порошковыми электродами является возможность применения данного способа непосредственно на предприятиях агропромышленного комплекса (в том числе, в частных фермерских хозяйствах и ремонтных мастерских), в отличие от индукционной наплавки, выполняемой в заводских условиях на Рубцовском заводе запасных частей. При этом, структура наплавленного металла при комплексном способе легирования готовым соединением карбида титана обеспечивает высокую износостойкость и твердость сплава

по сравнению с отдельным способом введения карбида титана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ситников А.А. Структура и свойства наплавленных электродуговых покрытий из порошков механоактивированных СВС-композиций / А.А. Ситников, В.И. Яковлев, М.Н. Сейдуров и др. // Обработка металлов. – 2011. – № 3. – С. 51-55.
2. Хрущев М.М. Абразивное изнашивание / М.М. Хрущев, М.А. Бабичев. – М.: Наука, 1970. – 252 с.
3. Кульков С.Н. Карбидостали на основе карбидов титана и вольфрама / С.Н. Кульков, С.Ф. Гнусов. – Томск: Изд-во НТЛ, 2006. – 240 с.
4. Каковкин О.С. Особенности легирования наплавленного металла карбидом титана при дуговой износостойкой наплавке / О.С. Каковкин, Ю.Д. Дарахвелидзе, Г.Г. Старченко // Сварочное производство. – 1989. – № 5. – С. 41-42.
5. Смагин Г.И. Шлифовальный инструмент на основе силикокарбида титана / Г.И. Смагин, В.Н. Филимонов, Н.Д. Яковлев и др. // Обработка металлов. – 2011. – № 1. – С. 27-30.

Ситников А. А., д.т.н., профессор,
E-mail: sitalan@mail.ru;

Яковлев В. И., к.т.н., доцент,
E-mail: anicpt@rambler.ru;

Собачкин А. В., аспирант,
E-mail: anicpt@rambler.ru;

Сейдуров М. Н., к.т.н., ст. преподаватель,
E-mail: seidurov@mail.ru;

Татаркин М. Е., аспирант,
E-mail: anicpt@rambler.ru

ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»