

Заключение

Результаты выполненной работы показали, что модифицирующая обработка жаропрочных хромоникелевых сталей аустенитного класса, а также ряда других марок стали, позволяет повысить как технологические, так и эксплуатационные свойства. При этом проведение такой обработки экономически обосновано и дает значительный эффект при ее применении. По результатам исследований выданы рекомендации по проведению модифицирующей обработки, позволяющие повысить ее эффективность.

Литература

1. Бергман, К. Выбор инжекционного оборудования, отвечающего требованиям отдельных сталеплавильных заводов / К. Бергман // Инжекционная металлургия 83: сб. трудов конференции. – М.: Металлургия, 1986. – 391 с.

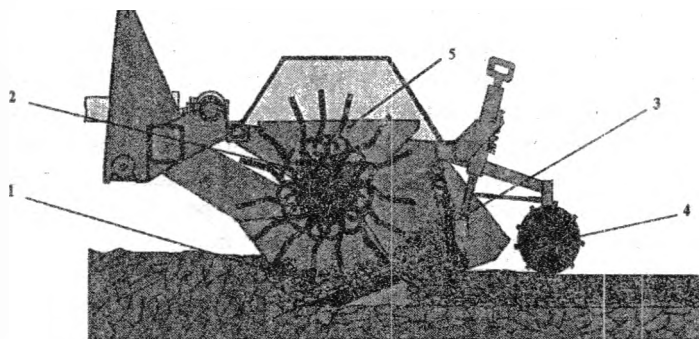
УДК 621.791.927

К.Е. БЕЛЯВИН, д-р техн. наук (БНТУ),
А.В. СОСНОВСКИЙ, канд. техн. наук (ОИМ НАН Беларуси)

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ ПРИ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОМ ОПЛАВЛЕНИИ

Введение. Для предпосевной обработки почвы используют роторные почвообрабатывающие машины (РПМ), задачей которых является измельчение крупных почвенных пластов. Работа РПМ происходит следующим образом (рисунок 1). Лемех 1 отделяет от массива пласт почвы на глубину, которая задается положением опорно-прикатывающего катка 4, и частично разрушает его. Одновременно активный ротор 2, шарнирно установленный над лемехом 1, пружинными зубьями 5 измельчает почву, перемешивает ее с растительными остатками и направляет на деку с амортизатором 3, отражаясь от которой, почва дополнительно измельчается и укладывается на дно борозды, а расположенный позади деки опорно-

прикатывающий каток 4 окончательно выравнивает и уплотняет верхний слой почвы. В результате прохода агрегата почва полностью готова к посеву сельскохозяйственных культур.



1 – лемех; 2 – активный ротор; 3 – дека с амортизатором;
4 – опорно-прикатывающий каток; 5 – пружинные зубья
Рисунок 1 – Технологическая схема работы РПМ

Основным рабочим элементом РПМ является пружинный зуб, который интенсивно изнашивается в процессе эксплуатации. Выход из строя пружинных зубьев РПМ происходит в результате интенсивного ударно-абразивного изнашивания рабочих поверхностей при контакте с почвой и камнями, при этом ресурс, как правило, меньше наработки одного полевого сезона (средняя наработка до предельного состояния и за один сезон соответственно составляют 7 и 14 га). Основной причиной износа рабочей поверхности зуба являются минеральные частицы кварца и гранита (HV 7–11 ГПа), составляющие примерно 36,6–70,8 % почвы. Затем по степени распространения идут полевой шпат, слюда и другие минералы (HV 6–7,2 ГПа). Помимо этого имеется засоренность пахотных полей республики крупными валунами около 15 %, средними и мелкими камнями 5–60 % и 25–30 % соответственно [1]. Интенсивность изнашивания определяется сочетанием удельного давления со стороны почвы и скорости скольжения ее частиц по поверхности зубьев, а также ударной нагрузкой, причем максимальный износ наблюдается по длине рабочей части пружинных зубьев и вызван микрорезанием под воздействием абразивного зерна и выкрашиванием в

результате ударов о камни. Из-за износа изменяются размеры и форма рабочей части пружинного зуба, утрачиваются функциональные качества.

Таким образом, повышение ресурса пружинных зубьев РПМ является одной из важных проблем современного сельскохозяйственного машиностроения и ремонтного производства. Задача состоит в том, чтобы пружинные зубья РПМ имели ресурс в 2–3 раза выше, по сравнению со стандартными изделиями. Решение этой научно-технической проблемы требует комплексного подхода на основе учета конструкторских, технологических, материаловедческих, триботехнических и эксплуатационных факторов. При этом необходимо рассмотреть различные способы упрочнения деталей, а также материалы для их изготовления.

При изготовлении пружинных зубьев РПМ используют, как правило, традиционные методы упрочняющей технологии (закалку и отпуск). Как показывает практика, интенсивность изнашивания таких деталей достигает 0,3 мм/км пути. Это свидетельствует о необходимости использования более эффективного метода повышения износостойкости рабочей части пружинного зуба РПМ.

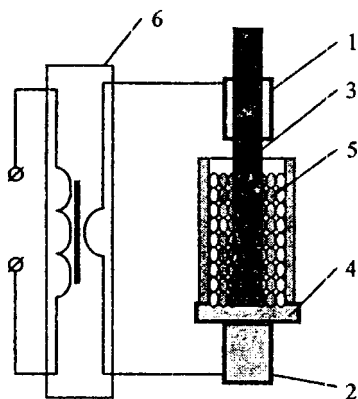
В результате научных исследований были проанализированы различные материалы и способы нанесения покрытий для повышения износостойкости пружинных зубьев РПМ. Установлено, что недостатками методов химико-термической обработки являются небольшая толщина упрочненного слоя, непрочная связь с базовым металлом, а также длительное термическое воздействие на материал детали. Покрытия, полученные различными способами напыления, обладают недостаточной прочностью сцепления (40–80 МПа) и экономически невыгодны для повышения износостойкости рабочих поверхностей пружинных зубьев РПМ. Также неприемлемо использование различных способов электродуговой наплавки на пружинные стали, поскольку это приводит к трещинообразованию в материале основы.

Из известных способов наплавки наиболее предпочтительным для повышения износостойкости пружинных зубьев РПМ является метод намораживания из расплава, в первую очередь, благодаря своей простоте, высокой прочности сцепления покрытия с основой (160–190 МПа) и возможности наплавки покрытия на детали стерж-

невого типа. При этом в качестве присадочного материала могут использоваться сплавы на железной и никелевой основе. Однако, несмотря на свои преимущества, данный способ имеет ряд недостатков: длительное время пребывания присадочного материала в расплавленном состоянии, требующее дополнительных энергозатрат; необходимость обеспечения разности температур расплава и наплавляемой детали порядка 300–500 °С, в результате чего в материале покрытия возникают остаточные напряжения II и III рода, снижающие физико-механические свойства покрытия и прочность его сцепления с основой.

Одним из перспективных методов повышения срока службы деталей стержневого типа является метод электроконтактного оплавления (ЭО), заключающийся в оплавлении порошкового материала на поверхности разогретой детали. При этом деталь разогревается путем прямого пропускания через нее электрического тока [2].

Для реализации данного способа была разработана технология наплавки покрытий на поверхность деталей с использованием машин контактной сварки. Данный технологический процесс осуществляется следующим образом (рисунок 2): между верхним 1 и нижним 2 электродами электроконтактной установки крепится упорочняемая деталь 3, при этом деталь помещена внутри емкости 4 с порошковой шихтой 5, находящейся напротив наплавляемой поверхности. С трансформатора электроконтактной установки 6 подается напряжение на электроды, в результате чего происходит разогрев детали до температуры выше температуры плавления порошка, но ниже температуры плавления материала детали. Частицы порошка, находящиеся вблизи поверхности детали, погруженной в емкость, оплавляются, образуя на ней покрытие заданной толщины. В качестве присадочного материала используются порошки на железной и никелевой основе, а также их смеси. Выбор этих материалов основан на том, что они имеют низкую температуру плавления (1040–1140 °С), а также позволяют получить покрытия, обладающие высокой твердостью (62–69 HRC).



1, 2 – электроды; 3 – заготовка; 4 – емкость; 5 – металлический порошок;
6 – источник электрического тока

Рисунок 2 – Схема нанесения износостойких покрытий

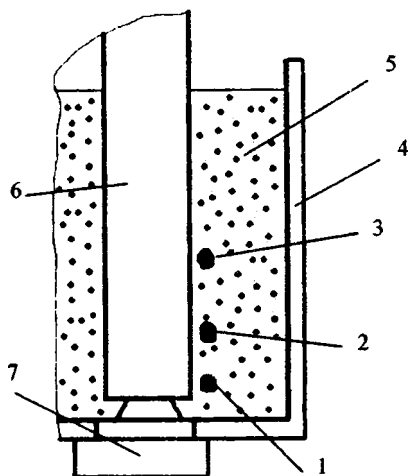
Методика проведения исследований. Для определения закономерности формирования покрытия методом ЭО необходимо было провести экспериментально-теоретические исследования, которые позволят разработать технологический процесс. В то же время особенностью предлагаемой технологии является то, что деталь разогревают путем пропускания через нее электрического тока с использованием установки для электроконтактной сварки. При этом распределение температуры по поверхности детали, разогреваемой электрическим током, происходит неравномерно, что, в свою очередь, приводит к неравномерному оплавлению присадочного материала. Данное обстоятельство может вызвать неравномерное распределение покрытия по поверхности заготовки, в связи с чем возникает необходимость дополнительной механической обработки, что представляет определенную трудность при обработке износостойких покрытий. Исходя из этого, возникла необходимость изучить распределение температуры по наплавляемой поверхности детали в процессе ее нагрева для последующего выбора оптимальных режимов.

С этой целью было разработано специальное оборудование и методика исследования. В качестве установки для проведения экспериментов использовалась электроконтактная машина МТ-2201, переоборудованная для непрерывного нагрева заготовок импульсным током.

Для измерения температуры на поверхности детали в процессе ее нагрева, а также температуры материала наплавляемого покрытия, использовали электроизмерительные преобразователи-термопары. В качестве термопар использовались хромель-алюмелевые термоэлектрические преобразователи ТХА с термоэлектродами диаметром 0,2 мм (ГОСТ 3047), для которых рабочий диапазон температур составляет 0–1300 °С.

Для преобразования электрического сигнала, устанавливающегося в цепи термопар, в конечное значение температуры и силы тока использовали систему контроля, состоящую из ПЭВМ, аналого-цифрового преобразователя ADC 100K/12–8/DAC/12, операционного усилителя АМР–8 и хромель-алюмелевых термоэлектрических преобразователей. Данная система позволяет определять температуру в порошковом слое с точностью до 5 % и отображать данную информацию в цифровом виде на ПЭВМ для ее дальнейшей обработки.

Результаты проведенных исследований. Исследования температурных полей в характерных точках порошковой шихты (рисунок 3) в процессе электроконтактного оплавления показали, что наибольшая величина температурного перепада в порошковом слое наблюдается между зонами у торца заготовки и ее серединой (рисунок 4) при температуре нагрева 400–700 °С и составляет 100–230 °С. В то же время при достижении температуры нагрева 1000–1150 °С наибольшая температура порошкового материала смещается ближе к центральной зоне, при этом перепад температур составляет 20–40 °С (рисунок 5). При движении фронта плавления температура постепенно выравнивается. Установлено, что степень неравномерности нагрева порошковой шихты вдоль оси заготовки тем больше, чем меньше время нагрева и больше сила тока. Распределение температуры в порошковой шихте в направлении перпендикулярном оси заготовки практически не меняется от режимов наплавки.



1, 2, 3 – расположение термопар; 4 – емкость; 5 – порошок;
6 – заготовка; 7 – электрод

Рисунок 3 – Схема расположения термопар

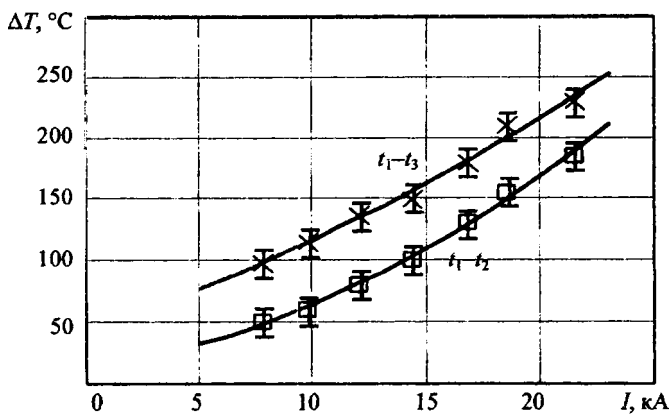


Рисунок 4 – Зависимость наибольшей разности температур (ΔT) в трех характерных точках (рисунок 3) порошковой шихты от силы тока (I) при температуре нагрева 400–700 °C

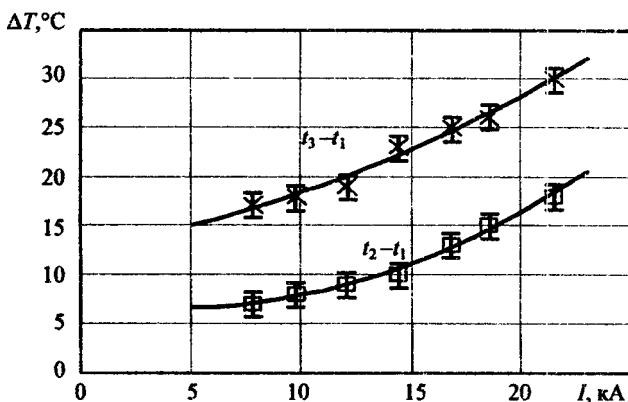


Рисунок 5 – Зависимость наибольшей разности температур (ΔT) в трех характерных точках (рисунок 3) порошковой шихты от силы тока (I) при температуре нагрева 1000–1150 °С

Выводы

В результате проведенных исследований получены закономерности распределения тепловых полей в порошковой шихте в процессе ЭО, позволяющие за счет корректировки технологических режимов наплавки (сила тока I и время его пропускания t) обеспечить равномерное оплавление порошкового материала и, следовательно, формирование качественного покрытия.

Литература

1. **Оплавление порошкового материала при теплообмене с деталью, нагреваемой электрическим током** / Ю.Н. Гафо [и др.] // Весці Нац. акад. навук Беларусі. Сер. фіз.-тэх. навук. – 2002. – № 1. – С. 48–50.
2. **Белявин, К.Е.** Расчет допустимой прочности сцепления износостойких покрытий зубьев роторных почвообрабатывающих машин при соударении с камнем / К.Е. Белявин, А.В. Сосновский, О.А. Баран // Механика машин, механизмов и материалов. – 2010. – № 1. – С. 53–56.