

МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ НАПЛАВЛЕННЫХ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОГО ОПЛАВЛЕНИЯ ИЗ ПОРОШКОВ НА ОСНОВЕ Fe-Ni-Cr-B-Si

Белявин К.Е., Сосновский А.В.

БНТУ, Минск, Республика Беларусь,

ОИМ НАНБ, Минск, Республика Беларусь, sosnovskij@tut.by

Введение.

Для обработки почвы широко используются пружинные зубья роторных почвообрабатывающих машин, которые выпускаются серийно и представляют собой стержень с витой пружиной на конце, изготавливаемый из сталей 60С2А, 50ХГА, 55С2ГФ. Данное изделие является быстроизнашиваемым, ресурс, как правило, меньше наработки одного полевого сезона (7 га). Износ поверхности составляет 10 %, причём срок службы, ограниченный усталостной прочностью зуба, в десятки раз превосходит ресурс работы допустимый его линейным износом, поэтому в отходы уходит большая часть зуба, в связи с этим актуальной является проблема упрочнения и восстановления пружинных зубьев роторных почвообрабатывающих машин [1].

Существующие методы восстановления и упрочнения (намораживание, электродуговая наплавка и др.) не удовлетворяют требованиям, предъявляемым к эксплуатационным и физико-механическим свойствам зубьев почвообрабатывающих машин по ряду параметров (прочность сцепления покрытия с основой, износостойкость, твёрдость, ударная вязкость и др.)

Одним из перспективных методов повышения срока службы деталей является метод электроконтактного оплавления, заключающийся в оплавлении порошкового материала на поверхности разогретой детали. При этом деталь разогревается путём прямого пропускания через неё 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 1) – между верхним 1 и нижним 2 электродами электроконтактной установки крепится упрочняемая деталь 3, при этом деталь помещена внутри ёмкости 4 с порошковой шихтой 5, находящейся напротив наплавляемой поверхности. С трансформатора электроконтактной установки 6 подаёт 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, погружённой в ёмкость, оплавляются, образуя на ней покрытие заданной толщины. В качестве присадочного материала была выбрана порошковая шихта: 70% ПР-Х4Г2Р4С2Ф+30%ПГ-СР4. Выбор этого материала основан на том, что он имеет низкую температуру плавления (1140 °С), а также позволяет получить покрытие, обладающее высокой твёрдостью (62 – 63 HRC).

Основной задачей исследования было изучение микроструктуры покрытия: определение фазового состава; наличие пор; оценка остаточных напряжений.

Металлографические исследования

Металлографические исследования покрытий из состава 70% ПР-Х4Г2Р4С2Ф+30% ПГ-СР4 проводились на образцах, наплавленных при температуре $T = 1150^{\circ}\text{C}$.

Металлографические исследования показали, что покрытие хорошо сплавилось с основным металлом. Граница сплавления ровная, плотная: без раковин и зазоров.

Пористость покрытия составляет около 1%. Проведенный РФА показал наличие твер-

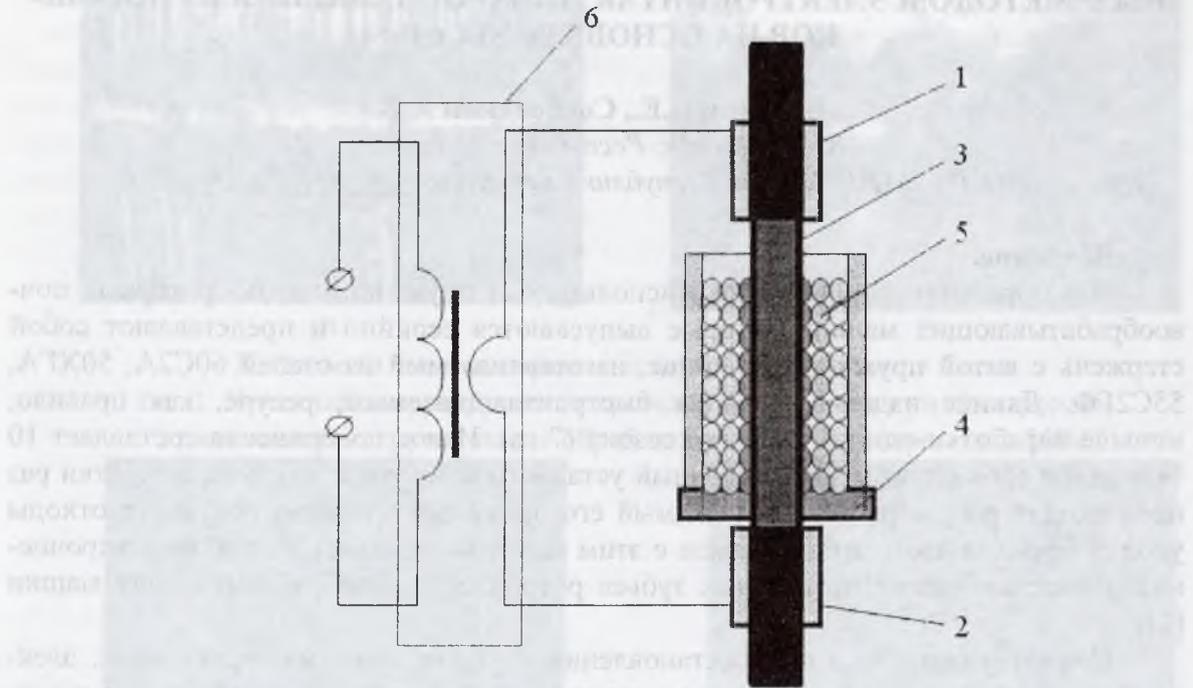


Рис. 1. Схема нанесения износостойких покрытий. 1, 2 – электроды; 3 – заготовка; 4 – ёмкость; 5 – металлический порошок; 6 – источник электрического тока.

дых растворов на основе γ - и α -Fe (преимущественно на основе γ -Fe), боридов типа CrFe_3B (или карборидов $\text{CrFe}_x(\text{BC})_y$), карбидов типа CrFe_xC_y и эвтектики типа $\text{CrFe}_3(\text{SiB})$. После электролитического травления удалось выявить структуру покрытия (рисунок 2). Она состоит из дендритов, представляющих собой раствор никеля в железе, помимо этого бороцементит ($\text{CrFe}_x(\text{BC})_y$) с карбидами хрома сложного состава $(\text{Cr}, \text{V}, \text{Fe})_3\text{C}$. Имеется много эвтектики $\text{Me}_3(\text{SiB})$ с микротвердостью 4730...6570 МПа. Микротвердость карбидов – 7374...10734 МПа, боридов – 11470...15325 МПа.

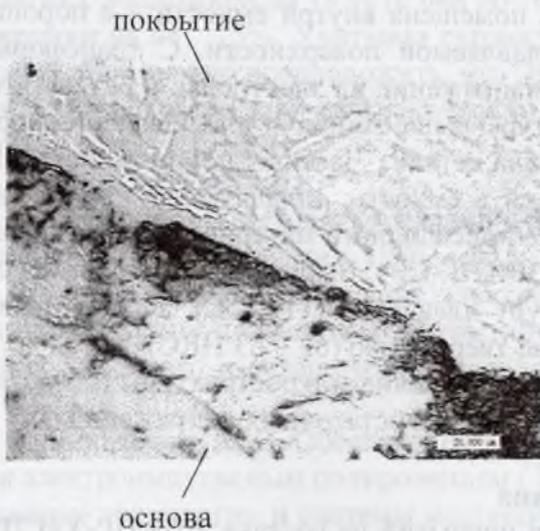


Рис. 2. Структура покрытия полученного из состава 70% ПР-Х4Г2Р4С2Ф + 30% ПГ-СР4

Определение напряжений в поверхностном слое покрытия проводилось методом рентгеновской тензометрии с использованием способа наклонной съемки ($\sin^2\psi$ – метода) [3] на автоматизированном рентгеновском комплексе на базе дифрактометра ДРОН-3М. В качестве анализированного отражения выбрана дифракционная линия (123) борида железа Fe_2B , расположенная в интервале углов

рассеяния $2\theta = 94\text{--}99^\circ$. Рентгеновская съемка осуществлялась в монохроматизированном CoK_α в режиме сканирования с шагом $0,1^\circ$ при продолжительности набора импульсов в точке 40 с.

Съемки проводились под углами наклона $\psi = 0, 10, 20, 30, 40^\circ$. Для уменьшения инструментальной погрешности юстировки рентгеновского аппарата осуществлялась рентгеновская съемка эталонного порошка, нанесенного тонким слоем на поверхность исследуемого покрытия. В качестве эталона использовался порошок фазы M_6C , выделенный из закаленной быстрорежущей стали P12.

Расчет напряжений проводился по формуле:

$$\sigma_\varphi = \frac{E}{1 + \mu} \cdot \text{ctg} \theta_{0^\circ} (\theta_{0^\circ} - \theta_{90^\circ}) \quad (1)$$

где E – модуль упругости упрочненного слоя; μ – коэффициент Пуассона; θ_0° , θ_ψ – углы дифракции при рентгеновских съемках под углами рассеяния θ и наклона ψ° соответственно.

Расчетные значения напряжений в поверхностном слое составили $\sigma_\varphi = 154$ МПа.

Выводы

В результате металлографических исследований установлено, что структура покрытия, наплавленного методом электроконтактного оплавления из порошка 70% ПР-Х4Г2Р4С2Ф + 30% ПГ-СР4, состоит из мягкой матрицы и твердыми выделениями упрочняющих фаз равномерно распределённых по объёму. Пористость покрытия не превышает 1%, остаточные напряжения составляют 154 МПа. Можно предположить, что покрытие должно обладать высокой износостойкостью в условиях абразивного изнашивания в сочетании с ударными нагрузками.

Литература

1. Сборник сводных материалов паспортизации полей, многолетних насаждений и улучшенных кормовых угодий Белорусской ССР / Гос. агропром. ком. Белорус. ССР, Респ. норматив.-исслед. станц. по труду. Респ. проект. ин-т по землеустройству «Белгипрозе́м». – Мн., 1987. С.24.
2. Гафо Ю.Н., Кашицин Л.П., Широкий И.В., Сосновский А.В. Оплавление порошкового материала при теплообмене с деталью, нагреваемой электрическим током // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. фіз.-тэх. навук. –2002. – № 1. – С. 48 – 50.
3. Комяк Н.И., Мясников Ю.Г. Рентгеновские методы и аппаратура для определения напряжений. – Л.: Машиностроение, 1972, 87 с.