

## КОМПЛЕКСНОЕ ЛАЗЕРО-ПЛАЗМЕННОЕ УПРОЧНЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ДИСКА КУЛЬТИВАТОРА

В.Н. Черникович, В.С. Голубев, И.А. Романчук, В.И. Гуринович  
*ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси», Минск*

Известно, что рабочие органы почвообрабатывающих машин (РОГМ) эксплуатируются в сложных условиях, испытывая при этом абразивный износ, механические и ударные нагрузки, вызывающие затупление режущей кромки и поломку детали. Это приводит к повышенному расходу горючего, простоя сельскохозяйственной техники. Поэтому материал, применяемый для изготовления лемехов, дисковых сошников, дисков культиваторов и др. должен обладать как высокой прочностью и пластичностью, так и высоким сопротивлением трению и ударному воздействию.

Традиционно применяемые в РБ в качестве материала основы РОГМ относительно недорогие марки сталей 30; 40Х; 65 Г и др. не удовлетворяют сегодня требованиям изделий нового поколения из-за низкого уровня их свойств. Такие изделия не могут полноценно конкурировать с изделиями ведущих западноевропейских фирм. Поэтому для достижения высоких эксплуатационных свойств необходимо как использование новых марок сталей, так и переход на использование современных технологических достижений на всех этапах изготовления деталей: получение заготовки и ее упрочнение с целью достижения дифференцированного распределения свойств по сечению. Это предполагает индивидуальный подбор режимов обработки, конструирование и создание специальной оснастки для каждого типа деталей с учетом их геометрических, конструкционных и теплофизических особенностей. При этом желательно применение ресурсо- и энергосберегающих технологий, к которым, несомненно, относятся технологии поверхностного упрочнения с использованием лазерного и плазменного воздействия [1].

В данном случае для поверхностного термического упрочнения рабочей поверхности диска культиватора ( $\varnothing 475$  мм) предложено комплексное использование вышеуказанных способов термообработки, при этом участок режущей кромки шириной до 8 мм подвергался лазерному модифицированию, оставшаяся поверхность шириной до 20 мм – воздействию плазменного факела. Оптимальные параметры процессов: мощность лазерного излучения и плазменной дуги, скорость сканирования лазерного луча, скорость движения плазмотрона относительно обрабатываемой по-

верхности, расход плазмообразующего газа (аргон) были определены в ходе предварительных экспериментов на образцах из стали 65 Г.

Для осуществления операций плазменного термического упрочнения рабочей поверхности диска культиватора использовался автоматизированный технологический комплекс, включающий в себя модернизированную промышленную установку воздушно-плазменной резки «Киев-4М» и автоматизированный координатный стол с системой управления технологическими процессами на базе современного контролера типа LSMC-3 [2], обеспечивающие транспортировку плазматрона относительно обрабатываемой поверхности.

Мощность плазменной дуги находилась в пределах 4 кВт, расход плазмообразующего газа – 5 л/мин, скорость перемещения плазматрона варьировалась от 3,5 см/с до 5,0 см/с. Защитный газ и принудительное охлаждение не использовались. Процесс поверхностного плазменного упрочнения осуществлялся как с оплавлением поверхности, так и без него. Некоторые характеристики упрочненных зон в зависимости от режимов обработки приведены в таблице.

Таблица

Режим	Глубина упрочненной зоны, мм	Твердость, МПа
1	0,60-0,65	8850
2	0,72-0,75	11550
3	0,75-0,78	11000
4	0,80-0,85	10500
5	1,50-1,52	12150
6	1,50-1,52	10550
7	0,70-0,80	9600

Как следует из экспериментальных данных, наибольшая глубина закаленной зоны для стали 65 Г имела место при режимах 5, 6 и составляла 1,5 мм. При этом наблюдалось оплавление поверхности, которое становилось более значительным при увеличении расхода плазмообразующего газа.

Металлографические исследования поверхностных слоев после плазменной обработки показали повышение дисперсности структурных составляющих и тенденцию формирования упрочненной зоны. Исходная структура опытных образцов до обработки плазменной струей представляла собой ферритно-перлитную смесь. После плазменного воздействия основной структурной составляющей упрочненной приповерхностной зоны являлся мелкодисперсный мартенсит смешанной морфологии; количество остаточ-

ного аустенита, расположенного между пластинами мартенсита, не превышало 10 %.

Режимы 5 и 6 могут быть использованы для термического упрочнения некоторых РОПМ, где фактор оплавления поверхности не является критическим, но не приемлемы для термообработки режущей кромки диска культиватора (угол заточки  $30^\circ$ ), т.к. происходит ее полное расплавление. Поэтому для упрочнения непосредственно режущей кромки с целью повышения ресурса работы диска в условиях абразивного изнашивания использовалось лазерное модифицирование поверхности ПС-12НВК-01, предопределяющее формирование в поверхностном слое соответствующей гетерофазной структуры.

После лазерного воздействия на рабочей поверхности диска культиватора образовывался слой, основа которого представляла собой твердый раствор легирующих элементов (W, Cr, V и др.) в никеле твердостью  $\sim 8000-9000$  МПа с упрочняющими частицами карбидных, боридных и других фаз с микротвердостью  $\sim 18000 - 28000$ .

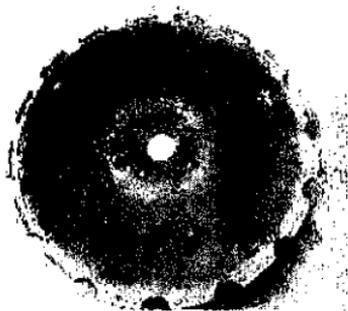


Рис. Диск культиватора и фрагмент рабочей поверхности после комплексной лазерно-плазменной обработки.

Перед лазерной обработкой поверхность образцов с целью улучшения сцепления порошка с основой подвергали дробеструйной обработке, затем посредством связующего наносили слой порошка ПС-12НВК-01. Лазерную обработку поверхности с нанесенным слоем порошка осуществляли с применением непрерывного  $\text{CO}_2$ -лазера «Комета-2» мощностью до 1,0 кВт. Диаметр пятна лазерного луча составлял 1,5 – 2 мм, скорость перемещения – 10 мм/с. Расстояние между соседними дорожками составляло 1,2 – 1,5 мм. Режимы нагрева подбирали таким образом, чтобы происходило оплавление нанесенного порошка, а глубина зоны термического влияния составляла 0,3 – 0,5 мм.

В результате лазерного модифицирования на рабочей поверхности диска культиватора был сформирован слой повышенной твердости 68 – 70 HRC, а в зоне плазменного упрочнения – 58-60 HRC.

В данное время опытная партия изделий с упрочненными рабочими поверхностями передана в одно из хозяйств Минской области для проведения полевых испытаний.

### Литература

1. Методы повышения конкурентоспособности деталей рабочих органов сельскохозяйственной техники / Г.Ф. Бетеля [и др.] // Современные методы и технологии создания и обработки материалов: сб. трудов МНТК. – Минск, 2007. – ч. 2. – С. 85 – 91.
2. Применение модернизированной плазменной установки «Киев-4М» для упрочнения стальных поверхностей / В.С. Голубев [и др.] // Технология ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки: Сб. трудов МНТК. – СПб. – 2008. – ч. 2. С. – 127 – 131.

УДК 621.923

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ РЕЗЦОВ РКС ПОСЛЕ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ

**В.Я. Лебедев, В.Е. Бабич**

*ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси», Минск;*

**С.П. Адарич, С.П. Лобач**

*ГУО «Институт повышения квалификации и переподготовки кадров МЧС РБ»*

На РУП «ПО «Беларуськалий» очистными комбайнами добывается около 85 % калийной руды. Резцами РКС в основном оснащаются режущие органы как проходческих комбайнов типа Урал-10А и Урал-61 Конейского машзавода, так и очистных комбайнов. Если на очистных комбайнах режущие органы барабанного типа имеют радиальное вращение, то режущие органы проходческих комбайнов – сложное вращение. В рудниках РУП «ПО «Беларуськалий» для добычи калийной руды применяются очистные выемочные комбайны, режущие органы которых, в основном, оснащены резцами РКС. Производительность зависит от коэффициента загрузки, который непосредственно по отбойке руды на практике составляет 0,35...0,6. Комбайн работает до 18 часов в сутки, в среднем 300 дней в году.

Скорость проходки задается машинистом комбайна с переносного пульта управления (радиоуправление): регулируется скорость подачи комбайна на забой – изменяется скорость вращения (частотный преобразователь) двигателя подачи. Скорость проходки зависит от многих факторов, в т.ч. от износа режущей кромки резцов как в целом, так и от неравномерности износа каждого резца в отдельности; от равномерности вращения рез-