

УДК 621.78

УПРОЧНЕНИЕ ЗУБЬЕВ МОДЕРНИЗИРОВАННОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА ПРОПАШНОГО КУЛЬТИВАТОРА

Прошкин Е.Н., к.т.н., доцент кафедры «Эксплуатация мобильных машин и технологического оборудования»;
Халимов Р.Ш., к.т.н., старший преподаватель кафедры «Технический сервис и ремонт машин»;
Прошкин В.Е., студент 4 курса инженерного факультета;
Можяев А.А., студент 2 курса инженерного факультета;
*ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина»,
Ульяновск, Россия*

Ключевые слова: *прикатывание, плотность почвы, почвообрабатывающий каток, полевые исследования.*

Рабочие органы сельскохозяйственной техники для междурядной обработки пропашных культур интенсивно изнашиваются и разрушаются, что приводит к их частой замене или ремонту. Одним из наиболее эффективных методов упрочнения является электро-механическое упрочнение (ЭМУ) деталей машин. Для исследований в производственных условиях были спроектированы и изготовлены рабочие органы пропашного культиватора. Проведенные исследования показали, что конструкция модернизированного рабочего органа в целом удачна и оснащение им пропашного культиватора, обеспечивает высокое качество обработки культур. ЭМУ зубьев многозвенного механизма пропашного культиватора повышает их износостойкость, усталостную прочность и ударную вязкость.

Цель исследования – определить материал для изготовления зубьев многозвенного механизма пропашного культиватора и рациональный способ их обработки, что позволит повысить надежность и работоспособность культиватора.

Рабочие органы сельскохозяйственных машин для междурядной обработки пропашных культур интенсивно изнашиваются и разрушаются, что приводит к их частой замене или ремонту. Поэтому при проведении экспериментальных исследований определяли износостойкость, усталостную прочность, ударную вязкость, твердость, глубину упроч-

ненного слоя зубьев многозвенного механизма пропашного культиватора, выполненного в соответствии с описанием, приведенным в патенте № 2356202 [3].

В лабораторных условиях были определены физико-механические свойства следующих материалов: 1) не обработанной стали 65Г, 2) стали 45 после электромеханического упрочнения.

В результате экспериментальных исследований были получены значения твердости поверхности детали, выполненной из стали 65Г, она составила HRC 30,2, для детали из стали 45 после ЭМУ HRC составила 52,1. Глубина упрочненного слоя образцов из упрочненной ЭМО стали 45 составила 0,34 мм.

Также выявлено, что при электромеханическом упрочнении повышается износостойкость зубьев в 1,46 раза, усталостная прочность – до 2080 МПа, ударная вязкость – до 28 Дж/см² в сравнении с образцами из стали 65Г.

Таким образом, было выявлено, что в качестве материала изготовления зубьев многозвенного механизма пропашного культиватора должна применяться сталь 45, подвергнутая электромеханическому упрочнению, взамен стали 65Г. Это позволит повысить износостойкость, усталостную прочность, ударную вязкость зубьев пропашного культиватора, что в конечном итоге приведет к повышению его надежности и работоспособности.

Введение. Главным направлением интенсификации сельскохозяйственного производства является кардинальное ускорение научно-технического прогресса, внедрение новых технологий, более совершенных средств механизации, обеспечивающих высокое качество выполняемых работ при минимальных затратах труда и средств и требуемой производительности.

Большое значение в совершенствовании средств механизации для возделывания пропашных культур имеет разработка и создание комбинированных и универсальных сельскохозяйственных орудий [2] с модернизированными рабочими органами.

При изготовлении рабочих органов почвообрабатывающих машин следует учитывать особенности их работы, в частности, возникающие повышенные динамические нагрузки, быстрое изнашивание рабочих поверхностей, эксплуатационные неисправности (поломки). Повышение надежности разрабатываемых конструкций сельскохозяйственных орудий для междурядной обработки пропашных культур является важной задачей, т.к. это позволит обеспечить стабильное качество обработки культур, снизить затраты на ремонт, повысить эффективность использования средств механизации. Показатели надежности почвоо-

брабатывающих машин напрямую связаны с повышением долговечности и работоспособности их рабочих органов.

Эффективным способом достижения высокой надежности рабочих органов почвообрабатывающей техники является их упрочнение на стадии изготовления, которое во многих случаях более оправдано, чем восстановление или замена.

Одним из наиболее эффективных и ресурсосберегающих методов упрочнения является электрохимическая обработка (ЭМО) деталей машин [1, 4, 5]. Электрохимическое упрочнение (ЭМУ) не требует дорогостоящего оборудования, расхода большого количества электроэнергии, высокопроизводительно и малозатратно, позволяет получить заданную глубину упрочненного слоя, варьировать режимами обработки в широких пределах, повысить износостойкость, усталостную прочность и ударную вязкость. Вместе с тем для упрочнения зубьев многозвенного механизма рабочего органа пропашного культиватора [3] ЭМУ ранее не применялось.

Методика. Для исследований в производственных условиях [2] были спроектированы и изготовлены рабочие органы пропашного культиватора. Зубья многозвенного механизма выполнялись из стали 65Г (ГОСТ 14959-79). Проведенные исследования [7 - 10] показали, что конструкция модернизированного рабочего органа в целом удачна и оснащение им пропашного культиватора обеспечивает высокое качество обработки культур. Однако длительная работа культиватора приводила к ухудшению качества обработки вследствие выхода из строя многозвенного механизма, так как зубья в звеньях изнашивались и ломались. Предположительно, повышенный износ связан с конструктивными особенностями исполнения зубьев (их формой и размерами). Разрушение зубьев вызвано применением неподходящего материала для их изготовления. Сталь 65Г обладает повышенной отпускной хрупкостью и не рекомендуется для применения в конструкциях, работающих в условиях высоких ударных нагрузок.

В связи с этим авторы рассматривают в качестве альтернативы для изготовления зубьев применение конструкционной углеродистой качественной стали 45 (ГОСТ 1050-88), подвергнутой ЭМУ. Сталь 45 не подвержена отпускной хрупкости, обладает повышенной прочностью. С точки зрения экономической эффективности производство зубьев, изготовленных из стали 45, подвергнутой ЭМУ, гораздо дешевле по сравнению с их производством из стали 65Г.

В работе проведены сравнительные исследования физико-механических свойств деталей из стали 65Г и деталей из стали 45, подвергнутых ЭМУ. Методика исследований включала определение твердости,

абразивной износостойкости, прочности и ударной вязкости поверхностей деталей из сталей 65Г и 45, определение глубины упрочненного слоя деталей из упрочненной стали 45.

Режим упрочнения образцов деталей выбран согласно исследованиям сотрудников ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина»: сила тока $I = 2000$ А, напряжение $U = 4$ В, частота вращения упрочняемого ролика $n = 4$ об/мин, подача - 3 мм/мин.

Твердость замеряли согласно ГОСТ [6] по шкале Роквелла твердомером МЕТ-УД, глубину упрочненного слоя определяли с помощью микротвердомера ПМТ-3. Абразивную износостойкость определяли в соответствии с ГОСТом [5] на машине трения СМТ-1. Повторность исследований – 5-кратная.

Исследования проводили по схеме «ролик-колодка». Ролики готовили из технической резины (наружный диаметр 50 мм, толщина 12 мм) с центральным отверстием диаметром 16 мм для установки на вал машины трения. Поверхность зубьев имитировали стальные образцы, выполненные в виде параллелепипеда (45×30×10) с выемкой радиусом 25 мм. В зону соприкосновения ролика и образца подавали сыпучий абразив, который представлял собой корундовый песок с частицами диаметром 0,2 мм (ГОСТ 3647-80). Через заданное время ролик останавливали, образец извлекали, промывали бензином, сушили 15 минут в муфельной печи и взвешивали. Износ определяли по разности массы образца до и после исследований взвешиванием на весах WA-31 с точностью измерения 0,001 г.

Предел прочности образцов из стали 45, подвергнутых ЭМУ, определяли в соответствии с ГОСТ 25.503-97. Для данного исследования применяли универсальную гидравлическую машину Р-50. Измерения проводили при постепенном увеличении нагрузки до появления трещин в образце, свидетельствующих о разрушении упрочненного слоя.

Для определения ударной вязкости образцов зубьев, изготовленных из сталей 65Г и стали 45, подвергнутой ЭМУ, исследования проводили на копре МК-30А с учетом требований ГОСТа. При этом постепенно наращивали высоту маятника, добиваясь увеличения ударных нагрузок. Ударную нагрузку увеличивали до разрушения образца, после чего определяли ударную вязкость.

Результаты. По результатам определения физико-механических свойств, твердость поверхности детали, выполненной из стали 65Г, составила HRC 30,2, для детали, выполненной из стали 45 после ЭМУ, твердость HRC составила 52,1. Глубина упрочненного слоя образцов из стали 45, подвергнутых ЭМУ, составила 0,34 мм.

Полученные результаты исследований на абразивную износостойкость (табл. 1) показали, что у образцов, подвергнутых ЭМУ, износостойкость оказалась в 1,46 раза больше, чем у образцов, выполненных из стали 65Г. Тем самым, используя ЭМУ зубьев, можно существенно увеличить срок службы рабочих органов пропашного культиватора в производственных условиях.

Таблица 1 - Износостойкость образцов, выполненных из сталей 65Г и стали 45, подвергнутой ЭМУ

| Материал образца | Масса образца, г | | Износ, Δm_{cp} , г | Относительная износостойкость |
|----------------------------|------------------|--------------------|----------------------------|-------------------------------|
| | до исследований | после исследований | | |
| Сталь 45, подвергнутая ЭМУ | 19,652 | 19,647 | 0,005 | 2,18 |
| Сталь 65Г | 18,784 | 18,773 | 0,011 | 1,49 |

Приведенные в работе [2] данные показывают, что рабочий орган пропашного культиватора должен обладать прочностью, позволяющей выдерживать нагрузки до 1200 МПа. При прочности зубьев рабочего органа менее 1200 МПа происходит их деформация или поломка.

Исследования прочности упрочненных образцов сжатием до появления трещин показали, что она находится в допустимых пределах (рис. 1).

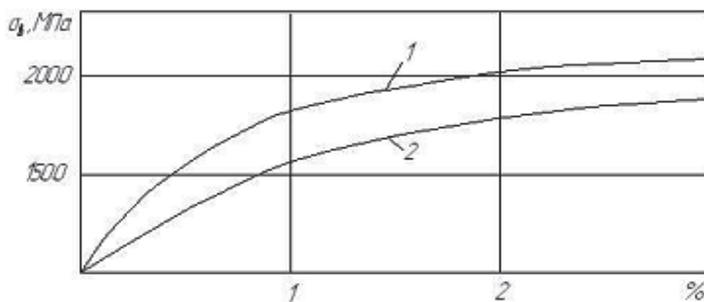


Рисунок 1 - Зависимость напряжения σ_b от степени деформации образцов ϵ : 1 – сталь 65Г; 2 – сталь 45, подвергнутая ЭМУ

Прочность образцов до разрушения упрочненного слоя составила 2080 МПа. Поэтому можно утверждать, что ЭМУ зубьев позволит сохранить их целостность при воздействии значительных динамических нагрузок.

Исследования ударной вязкости деталей показали, что у упрочненных зубьев из стали 45 она выше, чем у зубьев, выполненных из стали 65Г (табл. 2).

Таблица 2 – Ударная вязкость зубьев

| Материал зубьев | Ударная вязкость, Дж/см ² |
|----------------------------|--------------------------------------|
| Сталь 65Г | 19 |
| Сталь 45, подвергнутая ЭМУ | 28 |

Результаты, представленные в табл. 2, показывают, что зубья стали 45, подвергнутой ЭМУ, имеют ударную вязкость на 9 Дж/см² больше, чем у зубьев, выполненных из стали 65Г.

В дальнейшем, планируется проверка результатов лабораторных исследований в полевых условиях при обработке кукурузы.

Выводы:

1. Рассмотрена возможность рационального применения в качестве материала для изготовления зубьев многозвенного механизма пропашного культиватора стали 45, подвергнутой ЭМУ, вместо стали 65Г.

2. По результатам исследований определено, что ЭМУ повышает износостойкость зубьев в 1,46 раза, усталостную прочность – до 2080 МПа, а ударную вязкость – до 28 Дж/см².

Библиографический список:

1. Аскинази Б.М. Упрочнение и восстановление деталей электро-механической обработкой. – Л.: Машиностроение, 1989. – 184 с.
2. Прошкин Е.Н. Разработка рабочего органа для междурядной обработки пропашных культур с обоснованием его параметров: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Е.Н. Прошкин. – Ульяновск, 2009. – 18 с.
3. Патент RU № 2356202. Рабочий орган культиватора / Курдюмов В.И., Зайцев В.П., Прошкин Е.Н.; Опубл. 27.05.2009 г.; Бюл. № 15.
4. Патент RU № 2385212. Способ упрочнения поверхности деталей / Жиганов В.И., Халимов Р.Ш., Смирнова Н.И.; Опубл. 27.03.2010 г.; Бюл. № 9.
5. Патент RU № 2501643. Способ многопроходной электромеханической обработки детали на токарном станке / Жиганов В.И., Халимов Р.Ш.; Опубл. 20.12.2013 г.; Бюл. № 35.

6. ГОСТ 9013-79. Металлы. Метод измерения твердости по Роквеллу. - М.: Издательство стандартов, 2001. – 9 с.

7. Курдюмов В.И. Снижение энергозатрат при междурядной обработке пропашных культур / В.И. Курдюмов, Е.Н. Прошкин // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения - Материалы Международной научно-практической конференции, Ульяновск, УГСХА, 2009, с. 32 – 35.

8. Курдюмов В.И. Повышение эффективности междурядной обработки пропашных культур / В.И. Курдюмов, Е.Н. Прошкин // Перспективы развития агропромышленного комплекса России. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, ч. 1. - М.: МГАУ им. В.П. Горячкина, 2008. – 110 - 113 с.

9. Курдюмов В.И. Обоснование параметров процесса междурядной обработки пропашных культур / В.И. Курдюмов, Е.Н. Прошкин // Повышение эффективности функционирования механических и энергетических систем. Материалы Всероссийской научно-технической конференции, Саранск, 2009, с. 290 - 293.

10. Курдюмов В.И. Исследование рабочих органов пропашного культиватора в производственных условиях / В.И. Курдюмов, Е.Н. Прошкин // Вавиловские чтения – 2009: Материалы международной научно-практической конференции. - Саратов: изд-во «Кубик», 2009, с. 333 - 335.

STRENGTHENING OF TEETH UPGRADED BODY WORK TILLED CULTIVATOR

Proshkin E. N., Halimov P. W., Mozhaev A. A., Proshkin V.E.

Keywords: *compacting, soil density, soil compactor, field research.*

Working bodies of agricultural machinery for inter-row cultivation intensively cultivated crops destroyed and wear, which leads to their frequent replacement or repair. One of the most effective methods of hardening is electromechanical hardening (EMD) of machine parts. For research in industrial environments were designed and constructed working bodies Rotary cultivator. Studies have shown that the design of the modernized working body as a whole is successful and equipping them to Rotary cultivator, provides high-quality processing crops. EMU teeth multilink mechanism Rotary cultivator increases their wear resistance, fatigue resistance and toughness.