

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КОМБИНИРОВАННОМУ УПРОЧНЕНИЮ СМЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ КУЛЬТИВАТОРОВ

*Студент – Дрозд Э.И., 39 тс, 3 курс, ФТС
Научный*

*руководитель – Анискович Г.И., к.т.н., доцент
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет» г. Минск, Республика Беларусь*

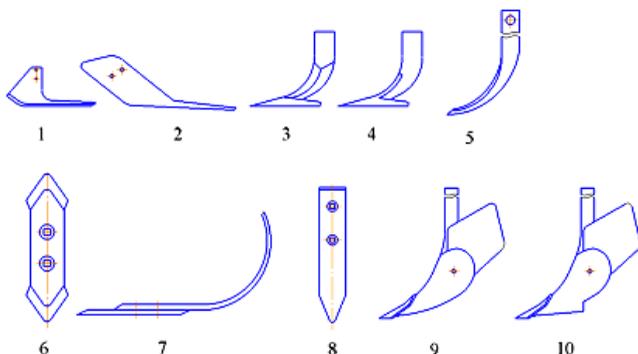
Аннотация. В статье на основании анализа условий работы и характера износа лап культиваторов, обоснованы технические требования, предъявляемые к этим деталям и материалам для их изготовления. Приведены технологические рекомендации по комбинированному упрочнению импульсной закалкой с предварительной износостойкой наплавкой наиболее нагруженных рабочих поверхностей рыхлительных и стрельчатых лап, результаты исследования микроструктуры, твердости и микротвердости упрочненных деталей.

Ключевые слова: лапы культиваторов, комбинированное упрочнение, ресурс, импульсная закалка, намораживание, плазменная наплавка, микроструктура, твердость, микротвердость.

Культиваторы, производимые отечественными и зарубежными машиностроительными предприятиями, отличаются как по конструкции, так и по назначению. Это приводит к разнообразию применяемых рабочих органов и непосредственно лап культиваторов (сменных деталей).

По классификации, предложенной в середине прошлого века [1], рабочие органы культиваторов (рис. 1) по форме и назначению разделяются на: лапы полольные (односторонние плоскорезные, стрельчатые плоскорезные и универсальные); лапы рыхлительные (долотообразные, оборотные и копьевидные) и корпуса окучивающие и бороздорежущие.

Культиваторные лапы, почвообрабатывающих орудий отечественного производства чаще всего изготавливаются штамповкой из стали 65Г и 70Г. С целью увеличения ресурса лапы подвергаются упрочняющей термической обработке или наплавке твердым сплавом. Культиваторные лапы зарубежных орудий изготавливают преимущественно из более прочных борсодержащих мало- и среднеуглеродистых сталей с добавками молибдена и титана [2]. Аналогами данных материалов являются стали 30ГР, 40ГР, 30Г2Р.



1-2 – односторонние плоскорезные лапы; 3 – стрелчатая плоскорезная лапа;
 4 – универсальная лапа; 5 – рыхлительная долотообразная лапа;
 6 – рыхлительные оборотные лапы с жёсткими стойками; 7 – рыхлительная
 оборотная лапа с пружинной стойкой; 8 – копьевидная лапа с универсальной
 стойкой; 9 – корпус окучивающий; 10 – корпус бороздорежущий
 Рисунок 1 – Конструкции лап культиваторов

Потеря работоспособности лап, как установлено исследованиями многочисленных авторов [2,3,4] и производственным опытом, обусловлена предельным износом рабочей части в следствие абразивного изнашивания. В то же время не исключена возможность появления таких дефектов как трещины, изменения формы и нарушения целостности.

Абразивное изнашивание приводит к истиранию металла [3] по причине высокой абразивности почвенной среды, связанной с наличием большого количества кварцевых частиц с высокой микротвердостью (около 11 ГПа). Наряду с этим интенсификация разрушения поверхностного слоя обуславливается локализацией и высокой степенью концентрации контактных напряжений. Наибольшей интенсивностью изнашивания характеризуются носки лап [3].

Увеличение абразивной стойкости лап культиваторов, а следовательно, и их ресурса, относится к актуальной задаче инженерной службы сельскохозяйственного машиностроения и подразделений аграрного производства. Повышение долговечности культиваторных лап обусловлено рядом факторов: первый – относительно не высокий ресурс; второе – огромные масштабы производства; третье – значительная рыночная цена. Анализ существующих способов предупреждения износов, торможения их развития и устранения дефектов, приобретенных в период использования агрегата, позволил установить, что к настоящему времени разработано большое количество методов повышения долговечности. Нужно сказать, что способы связаны между собой в технологическом плане как на стадии изготовления, так и в процессе

восстановления независимо от устраняемого дефекта. В целом же долговечность будет определяться двумя факторами: стойкостью к абразивному изнашиванию и сопротивлением разрушению и деформации.

Предупреждение образования износов культиваторных лап и торможение их развития можно свести к комбинированным методам, сочетающим применение материалов со специальными свойствами, упрочняющими воздействиями на поверхность контактирования с абразивной средой и конструкторскими мероприятиями. Известные методы, направленные на торможение износов лап сводятся к упрочнению различными технологическими способами областей детали, вступающих в контактирование с почвенной средой. Прежде всего, это следует отнести к термическому упрочнению, предполагающему применение для изготовления данных деталей среднеуглеродистых и высокоуглеродистых сталей [4].

Другим способом, нашедшим относительно широкое распространение в ремонтном производстве, считается формирование различного рода покрытий высокой твердости на наиболее нагруженных участках, прежде всего на лезвийной области.

Не исключается применение и конструкторских методов, но они, как правило, способствуют повышению прочностных показателей детали не улучшая при этом триботехнических свойства. Некоторые практики и исследователи считают целесообразным использовать способы, сочетающие в себе как упрочняющие воздействия, так и конструкторские усовершенствования [4].

Таким образом, методы улучшения триботехнических показателей культиваторных лап на стадии их изготовления можно разделить на: термоупрочнение; нанесение покрытий из гомогенных материалов с пониженной интенсивностью изнашивания и использованием абразивных материалов различной природы; совершенствование конструкции; комбинированные.

В современных условиях, когда значительно увеличились нагрузки на детали машин ввиду повышения их мощности и производительности; известные методы уже не всегда обеспечивают требуемые свойства, поэтому возрастает интерес к использованию комбинированных методов упрочнения, представляющих собой сочетание двух или нескольких технологических процессов, что позволяет достичь очень высокой эффективности упрочнения, которую невозможно получить каким-либо одним методом.

Комбинированная обработка становится тем более актуальной, что в промышленности наметилась тенденция к сокращению использования легированных сталей из-за острой дефицитности и чрезвычайно высокой стоимости легирующих металлов. При упрощении деталей массового производства, комбинированные методы должны соответствовать технологическим возможностям предприятий, поэтому должны сочетать широко распространённые и освоенные промышленностью технологии. Для упрочнения деталей из углеродистых и низколегированных

конструкционных сталей наибольший интерес представляют методы, сочетающие нанесение на рабочие поверхности высоколегированных покрытий с последующей упрочняющей обработкой.

Применительно к сменным быстроизнашивающимся деталям культиваторов с учетом условий работы и конструктивных особенностей обоснованы технологические рекомендации их комбинированного упрочнения на основе импульсной закалки с предварительной износостойкой наплавкой рабочих поверхностей. Рекомендации предполагают использование нескольких технологических подходов. Отличия между ними заключаются в использовании различных методов наплавки; специфичных наплавочных материалов; неодинакового пространственного расположения формируемого износостойкого слоя; различных технологических параметров режима импульсной закалки [5-8] и оснастки.

С учетом условий работы и характера износа рыхлительных лап 5-8 (рис. 1) культиваторов обоснованы технические требования предъявляемые к этим деталям. Материал изготовления лап – сталь 30ХГСА. Носки рабочей части лап должны быть наплавлены твердым сплавом (рис. 2). Твердость напавленного материала должна составлять не менее 55 HRC, поверхности основного материала лап – 50–56 HRC. Износостойкая наплавка рабочей части, в сочетании с высокой поверхностной твердостью основного материала лап обеспечивает оптимальное соотношение прочностных и вязких характеристик этих деталей, необходимых для работы в условиях ударно-абразивного изнашивания.

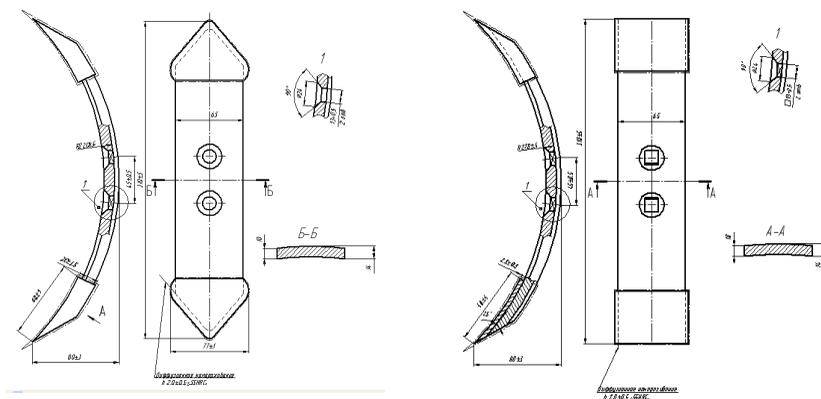


Рисунок 2 – Рабочие чертежи лап чизельных культиваторов с напавленной рабочей частью

Техническими требованиями к полым лапам 1-4 (рис. 1) культиваторов, наряду с необходимой износостойкостью и прочностью, предусматривается обеспечение самозатачивания лезвийной части крыльев.

Предъявляемые технические требования к сменным деталям культиваторов различной формы и назначения учтены при разработке технологических рекомендаций их комбинированного упрочнения.

Технологическим процессом комбинированного упрочнения рыхлительных лап культиваторов предусматривается наплавка диффузионным намораживанием погружением в расплав износостойкого сплава носка и последующая импульсная закалка с печного нагрева в потоке жидкости всей детали. Отличительными особенностями технологического процесса комбинированного упрочнения полольных лап культиваторов является плазменная наплавка износостойким материалом лицевой поверхности лезвия и импульсная закалка в потоке жидкости всей детали.

Ниже приводится содержание операций технологического процесса комбинированного упрочнения рыхлительных лап культиваторов.

005. Плавильная. Осуществляется плавка износостойкого сплава ПР С-27 (У40Х28Н2С2ВМ). Для плавки сплава применяется индукционная печь ПИ-50/10 со среднечастотным генератором СЧГ-30/10. Плавка прутков ведется в гафитосодержащем тигле ТГ-20 (ТГ-30). После завершения плавки износостойкого материала устанавливается технологическая температура (около 1623К) для ведения диффузионного намораживания. Она должна быть на 30–50К больше температуры затвердевания сплава.

010. Плавильная. Предназначается для плавки флюса состава 40 м.ч. $\text{Na}_2\text{V}_4\text{O}_7$ и 60 м.ч. V_2O_5 . Флюс выплавляется в тигле из жаростойкого чугуна. Для плавки флюса применяется электрическая печь ПЛ 5/12,5. После завершения плавки устанавливается технологическая температура для ведения последующей активации в пределах 1173–1223К.

015. Термическая. Осуществляется индукционный нагрев наплавляемой части лапы до температуры 1123–1173К. Деталь нагревается в индукторе среднечастотной тиристорной установки УИН 30/10 (УИН50/10).

020. Активация. В процессе выполнения активации нагретая часть детали погружается и выдерживается в расплаве флюса в пределах 3–5 с. Для погружения, выдержки и извлечения детали может использоваться мультипликатор собственного изготовления.

025. Наплавочная. Нагретая и проактивированная часть лапы погружается в тигель с расплавленным износостойким сплавом С-27. Погружение осуществляется со скоростью 0,1–0,2 м/с. Выдержка заготовки в расплаве составляет 1,0–1,5 с. Затем деталь извлекается из расплава. Для погружения, выдержки и извлечения детали может использоваться манипулятор собственного изготовления.

030. Термическая. Охлаждение наплавленной детали на воздухе после извлечения из расплава металлов.

035. Термическая. Нагрев лап до закалочной температуры 1143К в электропечи сопротивления с выдержкой 0,4 ч. Оборудование – электропечь сопротивления типа СНО 4.8.2,5/11ИЗ. Допускается использование среднечастотной тиристорной установки УИН 30/10 (УИН50/10).

040. Закалочная. Охлаждение детали потоком жидкости в специальном закалочном устройстве технологического модуля для импульсной закалки в соответствии с заданным режимом. Время охлаждения 3с., остаточная температура 433–463К.

045. Термическая. Низкий отпуск при температуре 453–473К с последующим охлаждением на воздухе до комнатной температуры. Оборудование – электрическая печь сопротивления НКО 10.12.10/4.5М. Время выдержки не менее 1,5–2 ч. при установившейся температуре.

050. Контрольная. Контроль геометрических (толщина наплавленного слоя) и физико-механических свойств деталей (твёрдость наплавки 58–60 HRC, основного металла 50–54 HRC). Твердомер «Импульс-2М», прибор Роквелла ТК–2, штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89.

На стальную основу рыхлительного профиля лап могут наноситься другие износостойкие сплавы – С1, ФБХ-6-2, УС-25 и их композиции.

В соответствии с приведенным выше технологическим регламентом осуществлялось упрочнение экспериментальных образцов рыхлительных лап изготовленных из стали 30ХГСА. Внешний вид упрочненных деталей представлен на рис. 3.



Рисунок 3 – Рыхлительные обратные лапы культиваторов упрочненные диффузионным намораживанием с последующей импульсной закалкой

Технологическим процессом комбинированного упрочнения полольных лап культиваторов предусматривается выполнение следующих операций.

005. Наплавочная. Осуществляется плазменная наплавка лицевой поверхности лезвия лапы твердым сплавом на основе железа ПГ ФБХ-6-2, гранулометрический состав порошка 70–150 мкм. Оборудование –

установка скоростной плазменной наплавки (источник питания УПС-301, плазмотрон СИБ-4). Технологические параметры режима наплавки: сила тока 120–130А, напряжение 30–35В, скорость наплавки 1,6–1,7см/с. Расход газа: плазмообразующего (аргона) 1,5–2 л/мин; защитного (азота) 10–12 л/мин. Расход порошка 35–40 г/мин

010. Термическая. Нагрев лапы до закалочной температуры 1143К в электропечи сопротивления с выдержкой 0,5 ч. Оборудование – электропечь сопротивления типа СНО 4.8.2,5/11ИЗ. Допускается использование среднечастотной установки ТВЧ (генератор СВГ-50/10, блок закалочный БЗ2-100/10, станция водоохлаждения СВ1-1.7М).

015. Закалочная. Охлаждение детали потоком жидкости в специальном закалочном устройстве технологического модуля для импульсной закалки в соответствии с заданным режимом. Время охлаждения 3с., остаточная температура 160–190°С.

020. Термическая. Низкий отпуск при температуре 453–473К с последующим охлаждением на воздухе до комнатной температуры. Оборудование – электрическая печь сопротивления НКО 10.12.10/4.5М. Время выдержки не менее 1,5–2 ч. при установившейся температуре.

025. Контрольная. Контроль геометрических (толщина наплавленного слоя) и физико-механических свойств детали (твёрдость наплавленного сплава не менее 60 HRC, основного металла 52–56 HRC). Твердомер «Импульс-2М», прибор Роквелла ТК-2, штангенциркуль ШЦ-П-250-0,05 ГОСТ 166-89.

Предлагаемый технологический процесс комбинированного упрочнения реализован при изготовлении экспериментальных образцов стрелчатых лап культиваторов. Внешний вид упрочненных деталей представлен на рис. 4.



Рисунок 4 – Стрелчатая лапа культиватора упрочненная плазменной наплавкой с последующей импульсной закалкой

Упрочненные опытные образцы лап культиваторов исследовались на предмет соответствия техническим требованиям.

Исследование микротвердости в поперечном сечении упрочненных рыхлительных лап показало, что микротвердость структурных составляющих наплавленного слоя находится в пределах 8–13 ГПа, микротвердость основы – около 4 ГПа. Интервал значений микротвердости наплавленного слоя с учетом химсостава материала С-27 позволяет предполагать, что он состоит из карбидов железа, хрома, никеля, хрома.

Анализ микроструктуры упрочненных опытных образцов рыхлительных лап культиваторов показал наличие в наплавленном слое светлой (карбидной) и темной (матрица) фаз. Установлено, что наплавленный намораживанием сплав имеет монолитное соединение с основой. Зона сплавления в биметалле стальная основа – наплавленный намораживанием сплав состоит из совокупности пограничных объемов основного и наплавленного металлов. Третьего материала между ними, которым могли быть оксидная пленка, флюс или шлак не выявлено.

Твердость основного металла упрочненной стрелчатой лапы составляет 52–56 HRC, твердость износостойкого покрытия на лицевой поверхности лезвия находится в пределах 64–70 HRC, толщина износостойкого слоя до 1,2–1,5 мм. Такое соотношение твердости основы и наплавленного износостойкого слоя и его толщина предполагает высокий уровень износостойкости и обеспечение самозатачивания лезвий упрочненных лап в процессе работы в условиях абразивного изнашивания.

Список использованных источников

1. Машиностроение. Энциклопедия в 40 томах. Сельскохозяйственные машины и оборудование. Том IV-16/ И.П. Ксенович, Г.П. Варламов, Н.Н. Колчин и др.; Под ред. И.П. Ксеновича. М.: Машиностроение, 2002. – 720 с.

2. Повышение работоспособности деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин / И.Н. Шило [и др.] – Минск: БГАТУ, 2010. – 320 с.

3. Ткачев В.Н. Работоспособность деталей машин в условиях абразивного изнашивания. – М.: Машиностроение, 1995. – 336 с.

4. Дудник, А.А. Технологические способы повышения долговечности и ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин / А.А. Дудников, А.И. Беловод, А.Г. Пасюта, А.А. Келемеш, А.В. Горбенко // Технологический аудит и резервы производства. – 2015. – № 5/1(25). – 4–7 с.

5. Бетень, Г.Ф. Анискович, Г.И. Модификация структуры и механических свойств стали пониженной прокаливаемости при импульсном закалочном охлаждении жидкостью. / MOTOROL/ – Lublin-Pzeszow, 2013, vol. 15, №7 – С. 80–86.

6. Инновационные технологии упрочнения деталей сельскохозяйственной техники/Н.В. Казаровец, Г.Ф. Бетень, Г.И. Анискович, А.И. Гордиенко, В.С. Голубев, А.Н. Давидович//Сборник докладов 12 МНТК 10–12 сентября 2012 г., Углич. – М.: Известия, 2012. – С. 219–228.

7. Бетень, Г.Ф. Опыт упрочнения деталей из сталей пониженной прокаливаемости импульсным закалочным охлаждением жидкостью/Г.Ф. Бетень, Г.И. Анискович // Вестник БарГУ/ – 2013, вып. 1 – С. 152–159.

8. Бетень, Г.Ф. Объемные нанокристаллические износостойкие детали рабочих органов сельскохозяйственной техники /Г.Ф. Бетень [и др.]//Вестник Полоцкого государственного университета/ – 2012, №3, серия В. Промышленность. Прикладные науки. – С. 46–51.

9. ГОСТ 8233-56. Сталь. Эталоны микроструктуры [Текст. – введ. 1957-07.01.- М.: Изд-во стандартов. 1960. – 4 с].