

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ И СПОСОБОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Лузан С.А. д.т.н., проф., Кириенко Н.М. к.т.н., доц.

*Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет  
Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка*

*Статья посвящена анализу методов и способов восстановления деталей сельскохозяйственных машин. Рассмотрены применяемые классификации восстанавливаемых деталей и рекомендована модульная, как наиболее прогрессивная для организации производства по восстановлению деталей*

Введение. Способы восстановления деталей машин предусматривают компенсацию утраченных в процессе эксплуатации поверхностных слоёв основного конструкционного материала (восстановление номинальных чертёжных размеров и эксплуатационных свойств) путём нанесения на изношенные участки новых масс (слоев) материала той же или другой марки. В ряде случаев при восстановлении используют метод растачивания на следующий ремонтный размер, при этом меняют сопрягаемую деталь. Также требуется проведение специальных обработок – отжига для снятия напряжений, упрочнения для повышения износостойкости [1].

Анализ основных достижений и публикаций. В различных отраслях народного хозяйства, в том числе и при ремонте сельскохозяйственных машин и средств транспорта, применяется большое количество методов и способов восстановления деталей [2–5]. Анализ данных [6–10] позволяет сделать вывод, что доля деталей, восстанавливаемых на предприятиях агропромышленного комплекса наплавкой, газотермическими, электрохимическими и другими, наиболее часто применяемыми методами, составляет [11]:

– методами наплавки	34,4%
– способами газотермического напыления	26,1%
– электрохимическими покрытиями	20,4%
– другими методами	19,1%

Нанесение покрытий методами наплавки занимает первое место среди используемых технологий.

Способы газотермического напыления, занимающие в настоящее время по объёму восстанавливаемых деталей 2 место, используются на предприятиях с середины 70 годов. Следует отметить, что основная доля деталей, восстанавливаемых газотермическими покрытиями (94%), приходится на газопламенное напыление (ГПН).

Качество отремонтированных деталей определяется технологическими возможностями процесса восстановления, в результате которых формируются

физико-механические свойства и структурное состояние материала, геометрия и другие характеристики поверхности. Также важны и сопутствующие процессы, такие как распространение теплоты, изменение структуры основного металла в зоне термического влияния, возникновение остаточных напряжений и деформаций. Для обеспечения надежного защитного действия покрытия на основу необходимо стремиться ослабить влияние остаточных напряжений, кислорода, дефектности покрытия [12].

Наиболее распространенным способом восстановления изношенных деталей считается наплавка. В процессе эксплуатации на тяжело нагруженных участках деталей под действием высоких удельных нагрузок часто происходит наклеп и упрочнение поверхностного слоя, приводящих к повышению твердости. Наплавка позволяет восстановить геометрические размеры, получить необходимую твердость. Обычно, при этом способе восстановления необходим предварительный нагрев детали. Температура подогрева выбирается в зависимости от химического состава и размеров детали. Так, для углеродистых сталей в зависимости от массовой доли углерода температура подогрева составляет от 100 до 400°C. Во всех случаях предварительный нагрев, входящий в процесс наплавки, вызывает появление остаточных напряжений растяжения, которые отрицательно влияют на усталостную прочность металла.

Для упрочнения и восстановления деталей машин и оборудования в настоящее время у нас в стране и за рубежом накоплен большой опыт по применению газотермических методов напыления, которые по объему применения для восстановления деталей вышли на второе место после наплавки.

Формулировка целей статьи. На основе анализа методов и способов восстановления деталей сельскохозяйственных машин, применяемых классификаций деталей определить наиболее перспективные технологии, обеспечивающие повышение ресурса деталей.

Основной материал. Детали характеризуются формой, размерами, материалами, массой, сбалансированностью, а также допусками (формы и расположения поверхностей): прямолинейности, плоскостности, круглости, цилиндричности, параллельности, перпендикулярности, соосности, симметричности, позиционного отклонения, пересечения осей, радиального и торцового биения, наклона, формы заданного профиля. В процессе эксплуатации кроме изменения формы, размеров, массы и расположения поверхностей возникают трещины, обломы, сколы, забоины, нарушается балансировка.

Из всех восстанавливаемых поверхностей наружные и внутренние цилиндрические поверхности составляют – 53,3 %, резьбовые – 12,7 %, шлицевые – 10,4 %, зубчатые – 10,2 %, плоские – 6,5 %, все остальные – 6,9 % [13].

Кроме параметров восстанавливаемых поверхностей (форма, размеры, физико-механические свойства, точность, шероховатость, целостность, вид термической или химико-термической обработки, наличие и материал покрытия) для выбора способа восстановления очень важными факторами

являются: тип сопряжения, виды трения и относительного перемещения поверхностей в процессе эксплуатации машин. Эти факторы объединяются общим понятием – показатели условий работы.

Поверхности восстанавливаемых деталей подобной геометрической формы с общими признаками условий работы называют типовыми. В работе Н.В. Молодыка, А.С. Зенкина [13] представлена классификация типовых поверхностей и их кодовые обозначения для машинной обработки с помощью ЭВМ. Все восстанавливаемые детали подразделяют на два класса: тела вращения и не тела вращения. Из двух классов деталей выделено семь подклассов, конструктивно-технологические группы и их кодовые обозначения для машинной обработки информации с помощью ЭВМ.

Классификация дефектов позволяет правильно выбрать технологические процессы восстановления деталей, обосновать рациональную специализацию подразделений, занятых восстановлением, производить укрупненные расчеты трудовых и материальных затрат, связанных с восстановлением, планировать производство.

Дефекты относятся как к отдельным поверхностям, так и к деталям в целом. Дефекты поверхностей деталей классифицируются по несоответствию размеров (74,9%), формы (19,5%), шероховатости (4,9%), физико-механических свойств (0,2%) и нарушению целостности (0,5%) [13].

Различают следующие группы дефектов, относящихся к деталям в целом: нарушение целостности (трещины, обломы, разрывы и др.); несоответствие формы (изгиб, скручивание, вмятины и др.) и размеров деталей. Может быть и сочетание дефектов.

При выборе способа восстановления большое значение имеют размеры дефектов: выделяются три группы размеров – до 0,5 мм, от 0,5 до 2 мм и свыше 2 мм.

Для проектирования технологического процесса восстановления деталей по маршрутной технологии необходимо иметь сведения о сочетании дефектов и способах их устранения, а при групповом методе ещё и классификацию деталей по конструктивно-технологической однородности и дефектам [14]. Классификация восстанавливаемых деталей преследует цель сокращения объема работ при организации восстановительного производства путем приведения его к типовому или модульному видам как наиболее прогрессивным в технико-экономическом отношении [5].

Идеи типизации технологических процессов заложил А.П. Соколовский. Под типизацией понимают создание процессов обработки групп конструктивно подобных деталей. Для их изготовления выбирают оптимальные маршруты, средства технологического оснащения и формы организации производства. Метод основывается на классификации процессов, в основе которого лежит классификация деталей. Класс объединяет детали, связанные общностью технологических задач.

Однотипные детали обрабатывают по типовым технологическим процессам, которые характеризуются единообразием содержания и последовательности выполнения большинства технологических операций и

переходов для групп деталей с общими конструктивными признаками. Технологическая типизация в восстановительном производстве получила широкое распространение в виде типовых технологических процессов по нанесению покрытий.

Метод групповой обработки металлов, был разработан С.П. Митрофановым на основе классификации деталей. Метод устанавливает однотипные способы обработки с использованием быстропереналаживаемых средств технологического оснащения для групп однородных по конструктивно-технологическим признакам деталей. Принципиальное отличие типовой технологии от групповой в том, что первая характеризуется общностью последовательности и содержания операций при обработке типовой группы деталей, а вторая – общностью оборудования и технологической оснастки при выполнении отдельных операций или при полном изготовлении группы разнородных деталей.

И.И. Луневским разработана укрупненная классификация деталей тяжелых гусеничных тракторов. Применительно к авторемонтному производству известна классификация автомобильных деталей предложенная В.А. Шадричевым. К достоинству этой классификаций следует отнести разделение деталей не только по классам, но и группам с целью систематизации и научного обоснования применяемых способов восстановления.

Классификация включает 11 классов с различным числом групп в каждом классе в зависимости от разнообразия структурных характеристик деталей и способов восстановления. Детали распределены на классы и группы с учетом общности габаритов, геометрической формы, материала и термообработки, дефектов различных рабочих поверхностей, применяемых способов восстановления, механической обработки и др.

Результаты исследований по классификации деталей автомобилей, тракторов и сельхозмашин представлены в работах Е. Л. Воловика, А.С. Зенкина, Н.В. Молодыка, Г.А. Малышева и других ученых.

Все поверхности деталей, которые подлежат восстановлению, подразделяются на исполнительные, основные, вспомогательные, технологические и свободные [13].

Наибольшее сокращение видов восстанавливаемых объектов дает переход от деталей к их элементам и разработки соответствующей классификации. Элементом деталей соответствуют характерные виды износов, сопрягаемые элементы деталей, виды нагрузок и др.

Организация процессов восстановления деталей, основанная на использовании классификации элементов сопрягающихся деталей, является наиболее экономически эффективной. Поскольку предполагает разработку технологических модулей восстановления элементов разнотипных деталей, из которых формируются технологии восстановления конкретных деталей. Основной методологический принцип заключается в применении ограниченного числа типовых модульных технологических операций восстановления элементов деталей к восстановлению деталей различных классов и групп. В работе [15] предложена классификация сопряженных

деталей судовых дизелей. Основу классификации и кодирования составляют шесть классов (по числу рассматриваемых факторов) и десять подклассов для каждого класса. Составлена функционально-технологическая матрица из шести строк и десяти столбцов, которая позволяет группировать модули сопряженных деталей сборочных единиц судовых дизелей, восстановление функциональных свойств которых целесообразно плазменным напылением. Данная классификация учитывает виды изнашивания, материал и структуру поверхности детали, материал сопрягаемой детали и условия работы. Однако такие важные факторы, от которых зависит выбор способа восстановления, как скорость или интенсивность и величина износа, в указанной классификации отражения не нашли.

Предлагаемая в работе [16] классификация сопряжений состоит из 10 классов модулей и 8 подклассов, которые учитывают кроме вышеперечисленных факторов также вид нагрузки, скорость и величину износа деталей, табл. 1. Предлагаемая классификация позволяет группировать модули сопряженных деталей по 10 классам и 8 подклассам и для них разрабатывать модульные технологические процессы восстановления. Формирование модульного технологического процесса восстановления деталей представляет собой компоновку типовых модульных технологических процессов восстановления модулей поверхности. Каждый блок процессов обеспечен соответствующим типовым оборудованием, инструментом и контрольно-измерительными средствами. Модульный процесс объединяет в себе преимущества единичного процесса, т.к. учитывает особенности конкретной детали; типового процесса, поскольку сохраняет идею типизации на уровне восстановления модуля поверхностей; группового процесса, т.к. объединяет разные детали в группы даже в единичном производстве, и придает процессу гибкость. Модульная технология позволяет свести к минимуму разнообразие технологических процессов и средств технологического оснащения, исключить дублирование работ в области технологической подготовки производства, внедрить поточную организацию восстановления деталей в мелкосерийном и единичном производствах.

Производство по восстановлению деталей, организованное на модульном принципе обладает гибкостью, мобильностью, способностью быстро и с минимальными издержками переходить на выпуск новых изделий. Применение модульных технологий наиболее эффективно при подготовке восстановительного производства для большой номенклатуры деталей.

В процессе разработки модульного технологического процесса описываются отдельные оптимизированные технологии восстановления отдельных элементов деталей типовых модульных сопряжений во временной последовательности, из которых формируется модуль.

Ремонт сельскохозяйственных машин заключается в экономически обоснованном устранении неисправностей и восстановлении их ресурса после периода эксплуатации, другими словами во вторичном производстве изделий из имеющегося ремонтного фонда.

Таблица 1 – Классификация типовых модульных сопряжений деталей сельхозмашин

Код	Класс	Характеристика сопряжения и коды подклассов							
		Материал детали	Обработка поверхности	Материал сопрягаемой детали	Обработка поверхности	Среда	Вид нагрузки	Основной вид изнашивания	Скорость (мкм/ч)/ величина износа детали (мм)
1	Шейка вала – внутреннее кольцо подшипника качения	1 Сталь 45, 30Х, 40Х, 38ХС, 20ХГНМ, 40ХНМА, 35ХГС	2 Химико-термическая обработка, закалка, низкотемпературный отпуск	3 Сталь ШХ15	4 HRC ≥ 60	5 –	6 Циклические нормальные силы к цилиндрическим поверхностям	7 Окислительный	8 ≤ 0,003 ≤ 0,1
2	Вал – подшипник скольжения	Сталь 45, 30Х, 40Х, 38ХС, 20ХГНМ, 40ХНМА, 35ХГС	Химико-термическая обработка, закалка, низкотемпературный отпуск	Баббит, АСМ, Бронза, КСМц, ОЦС, Чугун, Сталь	– – – – –	Масло	Циклические нормальные силы к цилиндрическим поверхностям	Окислительный	≤ 0,04 ≤ 0,15
3	Ось – втулка	Сталь 45, 40Х	Закалка при T=830-840 <sup>0</sup> С и отпуск при T=540-600 <sup>0</sup> С	Сталь 45	Закалка ТВЧ HRC ≥ 50	Масло	Поперечные силы, изгибающие моменты	Абразивный, коррозионно-механический	≤ 0,032 ≤ 0,13
4	Гнездо стакана, корпуса – наружное кольцо подшипника качения	КЧ35-10, КЧ37-12, сталь 45, 40Х	НВ 163–241 НВ 241–285	Сталь ШХ15	HRC ≥ 60	–	Циклические нормальные силы к цилиндрическим поверхностям	Окислительный	≤ 0,01 ≤ 0,07
5	Стакан-корпус	КЧ35-10,	НВ 163–241	КЧ35-10,	НВ 163–241	–	Передача нагрузки	Сминание	≤ 0,005

		КЧ37-12, сталь 45, 40Х	НВ 241–285	КЧ37-12, сталь 45, 40Х	НВ 241–285		при перемещении в пределах зазора	поверхностей контакта	$\leq 0,06$
6	Шип крестовины – игольчатый подшипник	Сталь 20Х, 20ХГНТР, 12Х2Н4А	Цементация на глубину 0,8-1,9 мм, закалка и отпуск, HRC 56-65	Сталь ШХ15	HRC 58–65	Консистентная смазка	Контактные нагрузки	Окислительный	$\leq 0,011$ $\leq 0,26$
7	Шлицевое соединение	Сталь 45, 30Х, 40Х, 45Х, 45Г2	Закалка и отпуск, HRC 45–55	Сталь 45, 40Х, 18ХГТ, 30ХГТ, 20ХНМ	Цементация на глубину 1,0–1,8 мм, закалка и отпуск, HRC 56-65	Масло	Динамическая нагрузка	Окислительный	$\leq 0,2$ $\leq 0,6$
8	Поверхность вала – кромка манжеты уплотнительной	Сталь 45, 40Х, 40ХГТР, 40ХНМА, 35ХГС	Закалка и отпуск, HRC 42–55	Резина марки 7-ИРП, 1068-3с, 7-ИРП-1068-24, 51-1455	Твердость по Шор А 65–86 усл. ед.	Масло	Моменты и поперечные силы, переменные по величине	Окислительный и абразивный	$\leq 0,02$ $\leq 0,75$
9	Зубчатые колеса	Сталь 40Х, 30ХГТ, 20ХНМ, 18ХГТ, 12ХН3А	Цементация на глубину 0,9-1,5 мм, закалка и отпуск, HRC 56-65	Сталь 40Х, 30ХГТ, 20ХНМ, 18ХГТ, 12ХН3А	Цементация на глубину 0,9-1,5 мм, закалка и отпуск, HRC 56-65	Масло	Контактные нагрузки	Молекулярно-механический	$\frac{0,015-0,061}{\leq 0,5}$
10	Деталь – рабочая среда	Сплав Л153, сталь ШХ15, 65Г, 60ХГ, 40Г2Р	Химико-термическая обработка, закалка, низкотемпературный отпуск	Почва	–	Абразивная	Нормальные и касательные силы	Абразивный	$\leq 0,16$ 1,3 для ножей культиватора

Эта система имеет планово-предупредительный характер и включает два вида воздействий. Воздействия первого вида выполняются в плановом порядке и направлены на уменьшение интенсивности изнашивания деталей за счет предупреждения и своевременного выявления неисправностей при техническом обслуживании. Воздействия второго вида необходимы для устранения неисправностей средств транспорта и восстановления их ресурса путем замены или восстановления изношенных деталей. Эти ремонтные работы производятся в случае необходимости, которая возникает при отказе машины или выявляется путем диагностирования. Наиболее прогрессивной считается планово-диагностическая система ремонтов, которая предусматривает диагностирование, определение неисправностей и остаточного ресурса деталей и агрегатов машин. Поэтому главная задача ремонтного производства состоит в экономически эффективном восстановлении долговечности деталей машин.

**Выводы.** Анализ методов и способов восстановления деталей сельскохозяйственных машин, классификаций, применяемых для восстанавливаемых деталей, и принципов организации производств позволяет сделать следующие выводы:

– доля деталей, восстанавливаемых на предприятиях агропромышленного комплекса газотермическими методами, составляет 26,1%;

– наиболее перспективны для восстановления деталей сельскохозяйственных машин способы газотермического напыления, которые позволяют обеспечить ресурс восстанавливаемых деталей на уровне и превышающем уровень новых деталей;

– организация процессов восстановления деталей, основанная на использовании классификации элементов сопрягающихся деталей, является наиболее экономически эффективной, поскольку позволяет разрабатывать модульные технологические процессы восстановления.

## **Список литературы**

1. Черноиванов В. И. Организация и технология восстановления деталей машин / Черноиванов В. И. – М. : Агропромиздат, 1989. – 334 с.
2. Черноиванов В. И. Восстановление деталей сельскохозяйственных машин / В. И. Черноиванов, В. П. Андреев – М. : Колос, 1983. – 287 с.
3. Гецонок А. Л. Опыт восстановления деталей в судоремонте / Гецонок А. Л. – М. : МРХ, 1982. – Вып. 4. – 15 с.
4. Кравцов Т. Г. Восстановление судовых деталей при ремонте судов / Кравцов Т. Г. – М. : Транспорт, 1981. – 119 с.
5. Восстановление деталей машин : [справочник] / Ф. И. Пантелеенко В. П. Лялякин, В. П. Иванов, В. М. Константинов. – М.: Машиностроение, 2003. – 672 с.
6. Нормативный перечень восстанавливаемых деталей сельскохозяйственной техники. – М. : ГОСНИТИ, 1987. – 172 с.
7. Нормативы объемов восстановления деталей на 100 списочных машин. – М. : ГОСНИТИ, 1987. – 78 с.
8. Номенклатура деталей (сборочных единиц), подлежащих восстановлению на

предприятиях ГОСКОМСЕЛЬХОЗТЕХТИКИ СССР. – М. : ГОСНИТИ, 1985. – Ч. 1 – 160 с.

9. Рекомендации по определению важности для восстановления номенклатуры деталей. – М. : ГОСНИТИ, 1976. – 51 с.
10. Рекомендации по обоснованию и выбору номенклатуры деталей для восстановления. – М. : ГОСНИТИ, 1978. – 24 с.
11. Науменко А. А. Повышение долговечности деталей машин нанесением покрытий водородно-кислородным пламенем: дисс. кандидата техн. наук : 05.02.01 / Науменко Артем Александрович. – Харьков, 2004. – 196 с.
12. Максимович Г. Г. Физико-химические процессы при плазменном напылении и разрушении материалов с покрытиями / Максимович Г. Г., Шатинский В. Ф., Копылов В. И. - Киев: Наукова думка, 1983. – 264 с.
13. Молодык Н.В. Восстановление деталей машин: справочник / Н.В. Молодык, А.С. Зенкин. – М. : Машиностроение, 1989. – 480 с.
14. Шадричев В. А. Основы технологии автостроения и ремонта автомобилей / Шадричев В. А. – Л. : Машиностроение, 1976. – 560 с.
15. Хмелевская В. Б. Основы технологии восстановления деталей дизелей методом газотермического напыления : автореф. дисс. на соискание учен. степени докт. техн. наук : спец. 05.08.04 «Технология судостроения, судоремонта и организация судостроительного производства» / В. Б. Хмелевская. – Санкт-Петербург, 1996. – 51 с.
16. Лузан С.О. Класифікація типових модульних сполучень деталей засобів транспорту / С.О. Лузан // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. – Харків: 2014. – Вип. 151. – С. 101-107.

## **Анотація**

### **АНАЛІЗ МЕТОДІВ І СПОСОБІВ ВІДНОВЛЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН**

Лузан С. А. д. т. н., проф., Кірієнко М.М. к.т.н., доц.

*Стаття присвячена аналізу методів і способів відновлювання деталей сільськогосподарських машин. Розглянуто застосовуються класифікації відновлюваних деталей і рекомендована модульна, як найбільш прогресивна для організації виробництва по відновлюванню деталей*

## **Abstract**

### **ANALYSIS OF METHODS AND WAYS OF RECOVERY DETAILS AGRICULTURAL MACHINERY**

Luzan S., d.t.s., Kirienko N. k.t.s.

*The article is devoted to analysis of the methods and repair parts for farm machinery. Considered applicable to the classification of recovered parts and recommended modular, as the most progressive for the organization of production on restoration parts.*