МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ И УПРОЧНЕНИЮ ДЕТАЛЕЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ CVD-МЕТОДА МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

РОСИНФОРМАГРОТЕХ
ФГБНУ

Москва 2018

Техника и оборудование для села

Сельхозпроизводство ⊛ Переработка ⊛ Агротехсервис ⊛ Агробизнес

ЖУРНАЛ «ТЕХНИКА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СЕЛА» – ВАШ ПОМОЩНИК В НАУЧНОЙ, ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ, УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ И УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ!

Ежемесячный полнокрасочный научно-производственный и информационно-аналитический журнал «Техника и оборудование для села», учредителем и издателем которого является ФГБНУ «Росинформагротех», выпускается с 1997 г. при поддержке Минсельхоза России и Россельхозакадемии. За это время журнал стал одним из ведущих изданий в отрасли и как качественное и общественно значимое периодическое средство массовой информации в 2008, 2009 и 2011 гг. удостоен знака отличия «Золотой фонд прессы». В редакционный совет журнала входят 7 академиков РАН.

В журнале освещаются актуальные проблемы технической и технологической модернизации АПК: инновационные проекты, технологии и оборудование, энергосбережение и энергоэффективность; механизация, электрификация и автоматизация производства и переработки сельхозпродукции; агротехсервис; аграрная экономика; информатизация в АПК; развитие сельских территорий; технический уровень сельскохозяйственной техники; возобновляемая энергетика и др.

Журнал является постоянным участником большинства международных и российских выставок, конференций и других крупных мероприятий в области АПК, проходящих в России, неоднократно отмечался почетными грамотами, дипломами и медалями (более 10).

Журнал включен в международную базу данных AGRIS ФАО ООН, Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).

Регионы распространения журнала: Центральный, Центрально-Черноземный, Поволжский, Северо-Кавказский, Уральский, Западно-Сибирский, Восточно-Сибирский, Северный, Северо-Западный, Калининградская область, а также государства СНГ (Украина, Беларусь, Казахстан).

Индекс в каталоге агентства «Роспечать» – 72493, в объединенном каталоге «Пресса России» – 42285.

Стоимость подписки на 2019 г. с доставкой по Российской Федерации – 8316 руб. с учетом НДС (10%), по СНГ и странам Балтии – 9480 руб. (НДС – 0%).

Приглашаем разместить в журнале «Техника и оборудование для села» информационные (рекламные) материалы, соответствующие целям и профилю журнала.

Подписку и размещение рекламы можно оформить через ФГБНУ «Росинформагротех» с любого месяца, на любой период, перечислив деньги на наш расчетный счет.

Банковские реквизиты: УФК по Московской области
(Отдел № 28 Управления Федерального казначейства по МО)
ИНН 5038001475/КПП 503801001
ФГБНУ «Росинформагротех», л/с 20486Х71280,
р/с 40501810545252000104 в ГУ Банка России по ЦФО, БИК 044525000
В назначении платежа указать код КБК (000 0000 0000000 000 440), ОКТМО 46647158.

Адрес редакции: 141261, Московская обл., пос. Правдинский, ул. Лесная, 60,
Росинформагротех, журнал «Техника и оборудование для села».
Справки по телефонам: (495), 993-44-04, (496) 531-19-92;
E-mail: r_technica@mail.ru, fgnu@rosinformagrotech.ru

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ И УПРОЧНЕНИЮ ДЕТАЛЕЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ CVD-МЕТОДА МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Москва 2018

УДК 631.3.033:005.934.4:621.793
ББК 31.56:30.61
Е 78

Рецензенты:
И.Г. Голубев, д-р техн. наук, проф. (ФГБНУ «Росинформагротех»);
В.В. Козырев, д-р техн. наук, проф. (ФГБОУ ВО «Тверская ГСХА»)

Е 78 **Ерохин М.Н., Чупятов Н.Н. Методические рекомендации по восстановлению и упрочнению деталей гидравлических систем с применением CVD-метода металлоорганических соединений**. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 52 с.

ISBN 978-5-7367-1470-4

Рассмотрены вопросы обеспечения надежности деталей гидравлических систем сельскохозяйственной техники (золотники распределительных устройств, штоки гидроцилиндров, рабочие поверхности гильз гидроцилиндров), даны рекомендации по организации технологических процессов их восстановления и изготовления.

Предназначены для научных и инженерно-технических работников вузов, научно-исследовательских учреждений и предприятий технического сервиса АПК.

Рассмотрены, одобрены и рекомендованы для применения на предприятиях отрасли на секции «Научно-технологическая политика» Научно-технического совета Минсельхоза России (протокол № 6 от 27 марта 2018 г.).

Erokhin, M.N., Chupyatov, N.N. Guidelines for the restoration and strengthening of parts of hydraulic systems using the CVD method of organometallic compounds. – M.: Rosinformagrotekh, 2018. – 52 pp.

The issues of ensuring the reliability of parts of the hydraulic systems of agricultural machinery (spools of distribution devices, hydraulic cylinder rods, and working surfaces of hydraulic cylinder liners) are discussed; the recommendations on the organization of the technological processes of their restoration and manufacture are given.

They are designed for scientific and engineering-technical workers of universities, research institutions and enterprises of the agribusiness maintenance companies.

They are considered, approved and recommended for use at the enterprises of the industry in the section of «Scientific and technological policy» of the Scientific and Technical Council of the Ministry of Agriculture of Russia (Minutes No. 6 dated March 27th, 2018).

УДК 631.3.033:005.934.4:621.793
ББК 31.56:30.61

ISBN 978-5-7367-1470-4
© Минсельхоз России, 2018

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время остро стоит вопрос обеспечения качественного технического сервиса как для отечественной, так и зарубежной сельскохозяйственной техники. Снижение себестоимости ремонтов с одновременным обеспечением высокого качества выполняемых работ позволит уменьшить затраты на ремонт и количество незапланированных простоев, что в итоге приведёт к снижению себестоимости конечной продукции.

Качественный сервис требует наличия качественных запасных частей, что является серьёзной проблемой. Запасные части для отечественной техники часто выбраковываются из-за низкого качества при выполнении сборочных работ. Кроме того, они не могут обеспечить ресурс узлов, соответствующий ресурсу зарубежных аналогов. Запасные части к импортной технике обходятся эксплуатирующей стороне очень дорого из-за высокой стоимости и низкой обеспеченности сельскохозяйственных мастерских и РТП требуемой номенклатурой.

Основная причина отказов машин и оборудования в сельском хозяйстве (до 80-90%) – износ деталей. При этом наименее надёжной системой тракторов, комбайнов, грузоподъёмных и транспортных машин является гидропривод, так как около 48% неисправностей приходится на его узлы и агрегаты.

Применяемые для изготовления деталей гидропривода материалы и методы упрочнения не обеспечивают необходимый уровень износо- и коррозионной стойкости. Поверхностная твердость новых деталей не превышает твердость кварцевого абразива (11000 МПа). Ресурс деталей, восстановленных с помощью внедрённых технологий, составляет в среднем 60-80% от ресурса новых. Поэтому разработка процессов, обеспечивающих восстановление деталей и получение поверхностей твердостью, превышающей твердость новых деталей, является одним из приоритетных направлений технологического порядка, направленных на развитие ремонтно-обслуживающей базы в АПК.

Восстановление и упрочнение деталей позволяют решать вопросы обеспечения сельскохозяйственной техники качественными запасными частями, ресурс которых зачатую выше, чем у серийных ввиду применения современных технологий и ремонтных материалов. При этом происходит экономия топливно-энергетических, материальных и трудо-

вых ресурсов за счет повторного, а в отдельных случаях и многократного использования изношенных деталей, восстанавливаемых на предприятиях технического сервиса АПК.

Среди прогрессивных методов восстановления и упрочнения деталей гидравлических систем техники заслуживает внимания метод химического газофазного осаждения покрытий при термическом разложении металлоорганических соединений (CVD-метод МОС). Металлоорганическая химия обеспечивают синтез различных видов МОС практически всех металлов периодической системы Д.И. Менделеева, следовательно, данный способ позволяет получить различные по химическому составу и свойствам функциональные покрытия, обладающие заранее заданными свойствами. Процесс обеспечивает высокие скорости осаждения, экологически безопасен и легко поддается автоматизации.

Огромным преимуществом данного способа является также возможность формирования композиционных и многослойных покрытий в одном процессе, при этом температурный режим металлизации находится в диапазоне 80-500°С (для соединений никеля, хрома, молибдена, железа, кобальта и др.). Температура процесса относительно невысока, её конкретные значения зависят от применяемого материала и требуемых свойств покрытия.

Несмотря на все преимущества, внедрение CVD-метода в ремонтное производство сдерживается недостаточным объёмом теоретических и технологических основ для восстановления и упрочнения изношенных деталей с применением многослойных CVD-покрытий. Поэтому изучение и разработка материалов и технологических процессов восстановления и упрочнения поверхностей с использованием газофазной металлизации является актуальной задачей, требующей решения.

В данных рекомендациях приводятся теоретические и прикладные аспекты технологического обеспечения надежности деталей гидравлических систем сельскохозяйственных машин, восстановление и изготовление которых выполнено с применением карбидосодержащих хромовых материалов, полученных CVD-методом МОС.

Разработка технологических процессов выполнена с учетом условий эксплуатации, конструкционных особенностей и степени износа ресурсолимитирующих сопряжений узлов гидропривода [1-3].

1. АНАЛИЗ УСЛОВИЙ РАБОТЫ И ПРИЧИНЫ ОТКАЗОВ ГИДРОПРИВОДА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Самыми распространёнными и наиболее сложными агрегатами гидравлических систем современных машин являются насосы с аппаратурой автоматического регулирования производительности, гидравлические цилиндры, гидромоторы, а также элементы управления в виде распределительных и регулирующих устройств.

Несмотря на многообразие конструктивных решений и специфические особенности каждого из узлов, гидравлические агрегаты имеют схожие конструктивные элементы, которые в большей степени определяют их надёжность и работоспособность.

Статистика отказов показывает, что наибольшее число неисправностей гидропривода связано с нарушением работоспособности прецизионных пар эксплуатируемых агрегатов, а также разрушением поверхностей штоков и элементов уплотнения гидроцилиндров [4].

1.1. Прецизионные пары

Основными требованиями, предъявляемыми к прецизионным парам и определяющими их работоспособность, являются высокая стабильность малых сил трения и герметичность, т.е. наличие минимальных, не изменяющихся в процессе работы утечек рабочей жидкости через зазоры между деталями (наиболее широко применяемые в гидравлических агрегатах сельскохозяйственной техники пары имеют зазоры порядка 10-15 мкм). Эти требования обеспечиваются высоким качеством поверхностей сопрягаемых элементов.

Чистота рабочих поверхностей типовых прецизионных деталей гидравлических систем и стандартные допуски на отклонения их поверхностей от заложенной в конструкторской документации геометрической формы представлены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Характеристика рабочих поверхностей типовых прецизионных деталей гидравлических систем

Деталь	Класс чистоты рабочей поверхности	Отклонение от геометрии
Гильзы	10	Овальность и конусообразность ≤ 0,005
Плоские золотники	10-12	Максимальная вогнутость 0,004
Корпуса гидроблоков	7	Овальность и конусообразность ≤ 0,015
Золотники, плунжеры, дроссели	11-12	Нецилиндричность ≤ 0,005

Долговечность пар определяется способностью их рабочих поверхностей противостоять изменениям микрогеометрии, шероховатости поверхностей и структуре материала деталей.

Проведенные в России и за рубежом теоретические и экспериментальные исследования причин разрушения рабочих поверхностей прецизионных пар указывают на гидравлическое защемление, облитерацию, различные виды механического изнашивания [5-8]. По каждой из причин в отдельности можно отметить следующее.

Гидравлическое защемление, т.е. увеличение сил трения в парах из-за одностороннего прижатия деталей неуравновешенной радиальной силой, возникает вследствие неравномерного распределения давления жидкости в кольцевом зазоре. Это связано с геометрическими формами деталей, т.е. с их конструктивными особенностями. Данные недостатки должны проявляться при испытаниях и устраняться в процессе проектирования и изготовления агрегатов.

Облитерация (заращивание зазоров поляризованными молекулами рабочей жидкости и загрязняющими ее частицами) приводит к незначительному повышению усилий сопротивления относительному перемещению и не может существенно отразиться на долговечности узла в целом. Она как сложный процесс может катализировать механическое изнашивание за счёт повышения количества абразивных частиц в зоне контакта.

Механическое изнашивание, протекающее в сопряжениях, можно разделить на несколько видов: абразивное, эрозионно-кавитационное, коррозионно-механическое, схватывание, усталостное.

Абразивное изнашивание протекает в результате разрушения сопряжённых поверхностей трущихся деталей за счет срезания и пластического деформирования шероховатостей посторонними частицами высокой твёрдости, содержащимися в рабочей жидкости гидросистем. Попадая в зазоры сопряжения, они значительно увеличивают силы трения и интенсивность изнашивания поверхностей [9-11].

Для уменьшения интенсивности абразивного изнашивания необходимо снизить уровень воздействия абразивных частиц на сопрягаемые поверхности. Это можно сделать путем повышения качества очистки рабочей жидкости и увеличения поверхностной твердости материалов сопрягаемых деталей.

Эрозионно-кавитационное изнашивание происходит за счёт ударов о поверхности деталей твёрдых частиц, частиц жидкости или газа, обладающих высокой кинетической энергией. В результате этого воздействия происходят вымывание и вырыв отдельных микрообъемов материала. Снижения уровня эрозионно-кавитационного изнашивания можно достичь теми же средствами, как и для абразивного.

Коррозионно-механическое изнашивание происходит при трении металла, вступившего в химическое взаимодействие со средой. Оно характеризуется образованием оксидных пленок и химических соединений на поверхности деталей, которые разрушаются при механическом взаимодействии трущихся поверхностей, приводя к изменению микрогеометрии. Разрушение поверхностей трения происходит под действием двух одновременно протекающих процессов: коррозии и механического изнашивания [12].

Схватывание возникает при трении скольжения с удельными давлениями, превышающими на участках фактического контакта предел текучести материала, и представляет собой процесс образования металлических связей между элементами сопряженных поверхностей. Разрушение этих связей сопровождается вырыванием частиц металла из менее твёрдой поверхности и налипанием на сопрягаемую. Налипшие частицы в результате наклёпа имеют большую твёрдость, чем основной материал, и катализируют процесс изнашивания [9].

Для устранения схватывания и уменьшения коррозионно-механического изнашивания в прецизионных парах необходимо повысить показатели поверхностной твердости с учетом совместимости материалов контактирующих деталей [13, 14].

Усталостное изнашивание происходит в связи с многократным деформированием микрообъемов материала поверхностного слоя деталей. В ряде работ установлено, что при первых циклах переменных напряжений происходит пластическая деформация, которая при многократной повторяемости вызывает наклёп. Дефекты кристаллической решётки и посторонние включения являются концентраторами напряжений и приводят по мере роста количества циклов нагружений к нарушению связей между атомами и возникновению микротрещин. Микротрещины в дальнейшем разрастаются, объединяются в одну общую, что становится причиной поверхностного выкрашивания [15, 16].

Основными методами снижения интенсивности усталостного изнашивания являются улучшение качества обработки сопрягаемых поверхностей, снижение контактных напряжений и повышение поверхностной твёрдости деталей.

Следует отметить, что из перечисленных видов изнашивания, служащих причиной разрушения поверхностей прецизионных пар, наиболее интенсивно протекает абразивное. Основная причина активации механизмов разрушения высокоточных поверхностей – наличие загрязнений в рабочей жидкости [17].

1.2. Гидроцилиндры

Одни из наиболее нагруженных узлов гидропривода сельскохозяйственных машин – гидроцилиндры рабочего оборудования, при этом техническое состояние указанных узлов определяет не только эффективность эксплуатации техники, но и ресурс всех агрегатов привода в целом. Это связано с тем, что штоки гидроцилиндров, имея значительный ход и взаимодействуя периодически с внешней средой, способствуют проникновению загрязнений в рабочую жидкость.

Нарушение работоспособности гидроцилиндров связано с воздействием на них разнообразных факторов, приводящих к износу,

деформациям, коррозии или другим видам повреждения рабочих поверхностей сопрягаемых деталей. В работах [17-20] установлено, что около 70% неисправностей вызвано воздействием на рабочие поверхности абразивных частиц, которые, находясь в рабочей жидкости или попадая под уплотнители, катализируют процесс изнашивания. Нередко отказы – это следствие деформаций или рисок на рабочих поверхностях штоков, а также повреждений уплотнительных элементов и износа направляющих втулок (рис. 1.1) [21].

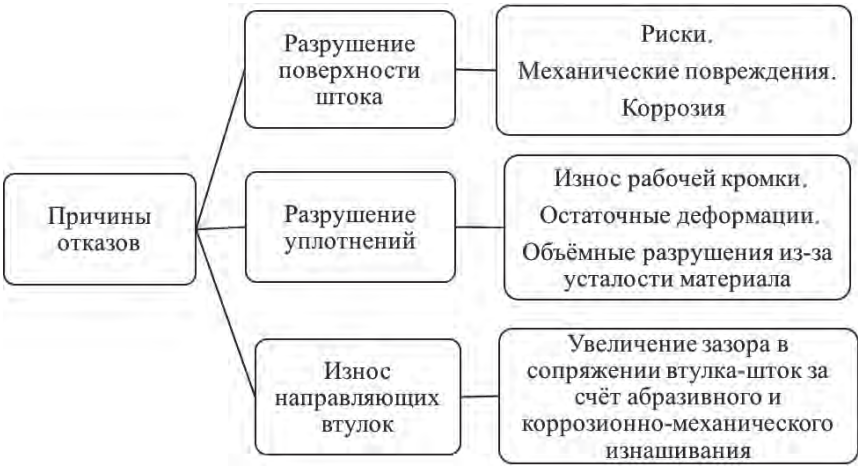


Рис. 1.1. Причины отказов гидроцилиндров рабочего оборудования

Большое влияние на долговечность уплотнений оказывает состояние направляющих втулок, износ которых приводит к увеличению деформаций уплотнений в процессе работы, что способствует быстрой усталости материала и катализирует процесс возникновения остаточных деформаций. Кроме того, смещение центра штока относительно центра уплотнений приводит к повышению контактного давления и вызывает резкое увеличение скорости изнашивания с одной стороны плюс разгерметизацию с другой.

Не менее значима и чистота поверхности штока. Наличие дефектов, следов коррозии и абразивного изнашивания на поверхности значительно ускоряет процесс разрушения уплотнений. С целью

увеличения ресурса уплотнений гидроцилиндров необходимо применять при их производстве качественные материалы и минимизировать скорость изнашивания поверхностей направляющих втулок и штоков.

1.3. Влияние загрязнения рабочей жидкости на долговечность деталей гидравлических систем

К загрязнениям можно отнести любые инородные вещества, попавшие в гидравлическую систему, которые условно делятся на два типа: механические (твердые частицы) и химические (рис. 1.2).

Рис. 1.2. Характеристика веществ, загрязняющих рабочую жидкость гидравлических систем

Загрязнение жидкости при её транспортировке, хранении, проведении технического обслуживания, а также при эксплуатации сельскохозяйственной техники приводит к тому, что содержание твёрдых частиц в рабочей среде достигает 0,04% по отношению к массе уже через 300-1000 мото-ч. Размеры частиц, загрязняющих рабочую жидкость, определяются тонкостью фильтрации [5, 22].

Очевидно, что основная часть инородных частиц попадает в гидравлическую систему при эксплуатации техники. Это связано с

тем, что работа сельскохозяйственных машин подразумевает перемещение по большим земельным площадям, при котором машинно-тракторные агрегаты часто работают в пылевом облаке. В процессе пахоты степень насыщения воздуха пылью составляет 0,05-1,2 г/м^3, при севе – 0,8-2,5 г/м^3, транспортных работах – до 2,1 г/м^3 [5]. Частицы пыли осаждаются на штоках гидроцилиндров, а также проникают в систему через сапун (через сапун в бак гидросистемы трактора поступает до 0,3 м^3/ч воздуха) [5]. Следовательно, именно эти частицы пыли, содержащиеся в воздухе, являются основным источником загрязнений.

Минералогический состав образцов пыли, взятой в Московской области (табл. 1.2), показывает, что её компонентами, обладающими максимальным значением микротвёрдости, являются кварц и оксид алюминия. При попадании в зазор подвижного сопряжения они значительно катализирует процесс изнашивания, так как поверхностная твёрдость большинства деталей не превышает 7500 МПа.

Таблица 1.2

Минералогический состав образцов пыли, взятой в Московской области

Составляющая	Содержание, %	Микротвёрдость, МПа
Кварц	79	10500-11300
Оксиды: алюминия железа	11	 21000 9000
Окиси: магния кальция	1	 9080-11250 6045

Исследованию влияния указанных загрязнений на долговечность деталей и узлов гидропривода посвящено много работ российских и зарубежных учёных [5, 7-9, 52], в которых прослеживается, что основные повреждения рабочих поверхностей деталей гидравлических систем сельскохозяйственной техники происходят под действием абразивной массы. При этом абразивные частицы, близкие

по размеру к зазору в сопряжении, приводят к локальным повреждениям поверхностей деталей в результате микрорезания и царапания, а находящиеся в рабочей жидкости частицы, размер которых меньше зазора в сопряжении, вызывают гидроабразивное изнашивание всей рабочей поверхности.

На рис. 1.3 представлен внешний вид изношенных поверхностей деталей гидропривода. Очевидно, что рабочие поверхности подвержены коррозии, а также изрезаны множеством продольных борозд и царапин – следов абразивного изнашивания.

Рис. 1.3. Внешний вид изношенных поверхностей деталей гидросистемы

Из вышесказанного следует, что основная задача при разработке мероприятий по повышению долговечности деталей гидропривода – снижение интенсивности абразивного изнашивания в сопряжениях. Она может быть решена за счёт повышения качества очистки рабочей жидкости и увеличения стойкости деталей к воздействию абразивных частиц.

Процессы изнашивания подчиняются общим закономерностям теории трения и износа, разработанным И.В. Крагельским, М.М. Тененбаумом, М.М. Хрущевым, А.А. Старосельским, Д.Н. Гаркуновым, В.И. Шаповаловым, И.И. Богачевым, А.П. Семеновым, В.И. Лозовским и др.

Вопросам развития технологий ремонта, восстановления и упрочнения деталей сельскохозяйственных машин и повышения их долговечности посвящены труды К.А. Ачкасова, В.И. Балабанова, А.Н. Батищева, В.Н. Бугаева, Ф.Х. Бурумкулова, И.Г. Голубева, М.Н. Ерохина, С.П. Казанцева, В.В. Козырева, В.М. Кряжкова, В.П. Лялякина, Е.А. Пучина, А.Н. Скороходова, Н.Ф. Тельнова, В.И. Черноиванова и других ученых.

На практике, в условиях ремонтного производства, при восстановлении деталей пар трения применяются такие способы, как перекомплектовка, электролитические хромирование и железнение, плазменное напыление, диффузионная металлизация, пластическое деформирование и др. Правильный выбор способа восстановления позволяет создать технологические процессы, обеспечивающие высокое качество при приемлемых отпускных ценах восстановленных деталей.

2. CVD-МЕТОД КАК СПОСОБ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И УПРОЧНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

2.1. Материалы и оборудование CVD-метода

В данной работе для восстановления и упрочнения деталей, работающих в парах трения узлов гидропривода, предлагается CVD-метод МОС. Этот способ позволяет получить необходимые физико-механические свойства покрытий при высоких скоростях осаждения. Процесс проводится по замкнутому циклу, т.е. является перспективным в отношении обеспечения экологической безопасности. Низкие температуры в рабочей зоне позволяют снизить энергетические затраты и исключить термические деформации упрочняемых деталей. Процесс легко поддается автоматизации [23, 24].

Многообразие видов МОС, выпускаемых в промышленных масштабах, позволяет создавать технологические процессы с использованием различных технологических методов нанесения покрытий из газовой фазы. Все эти процессы организованы по следующей схеме (рис. 2.1):

• подготовка исходных соединений к реакционному состоянию;

• транспортировка их в зону металлизации;

• термическое разложение и осаждение на поверхность подложки со сбором побочных продуктов химических реакций процесса.

Рис. 2.1. Принципиальная схема CVD-процесса

Технологические свойства наиболее распространённых и пригодных для использования в области восстановления и упрочнения деталей сельскохозяйственной техники карбонильных соединений представлены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Технологические свойства карбонильных материалов, пригодных для получения износостойких покрытий

Наименование карбонила	Химическая формула	Агрегатное состояние	Плотность	Температурный режим, °С			
				испарение, сублимация	кипение	плавление	разложение
Пентакарбонил железа	$Fe(CO)_5$	Жидкое	1,47	100	103	-20	60-250
Нанокарбонил железа	$Fe_2(CO)_9$	Твердое	1,68	40	121	117	70-200
Тетракарбонил никеля	$Ni(CO)_7$	Жидкое	1,31	30	43	-25	60-200
Октакарбонил кобальта	$Co_2(CO)_8$	Твердое	1,86	45	151	148	25-52
Гексакарбонилы: молибдена	$Mo(CO)_6$		1,97	40	155	148	130-400
вольфрама	$W(CO)_6$		2,65	50	175	165	140-500
хрома	$Cr(CO)_6$		1,77	30	153	147	90-230

Обеспечение процесса нанесения CVD-покрытий технологическим оборудованием может быть реализовано путём минимальной доработки серийно выпускаемого промышленностью вакуумного оборудования [25-36].

Принципиальная схема установки [23] для нанесения CVD-покрытий представлена на рис. 2.2.

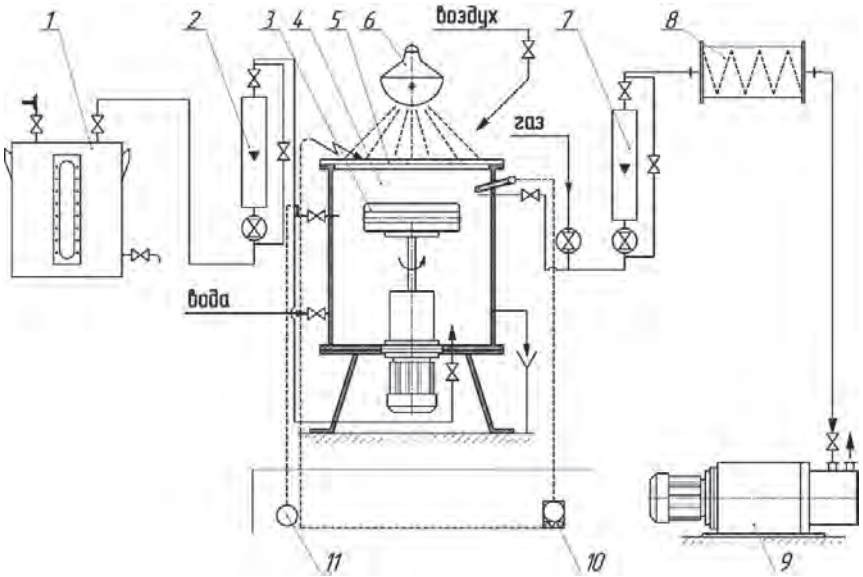


Рис. 2.2. Принципиальная схема установки для проведения CVD-процессов: 1 – емкость с МОС; 2, 7 – расходомеры; 3 – подложка; 4 – реакционная камера; 5 – кварцевое стекло; 6 – лампа ИК; 8 – печь дожига; 9 – вакуум-насос; 10, 11 – контрольно-измерительные приборы

2.2. Технологические особенности CVD-процессов, разработка процессов восстановления и упрочнения деталей гидропривода

Обширные технологические возможности газофазной металлизации в области получения покрытий, обладающих заранее заданными физическими, химическими и механическими свойствами, а также простота и дешевизна её реализации позволяют сделать вывод о необходимости внедрения данного процесса при решении задач восстановления и упрочнения рабочих поверхностей широкой номенклатуры деталей гидропривода сельскохозяйственной техники. При этом максимальный эффект может быть получен при использовании в качестве реагентов соединений на основе хрома, никеля и железа.

Упрочнение и восстановление деталей с малыми износами эффективно реализуются с применением однослойных упрочняющевосстанавливающих покрытий, полученных с использованием единственного реагента на основе хрома (монокарбонильный процесс). Себестоимость таких процессов растёт пропорционально увеличению толщины получаемого покрытия, их целесообразность обоснована при толщине наносимого слоя не более 0,1 мм.

При восстановлении деталей, имеющих значительные износы (свыше 0,1 мм) целесообразно применение многослойных покрытий (поликарбонильный процесс), которые могут быть получены с использованием для первого слоя дешёвых реагентов (слой служит для восстановления геометрических размеров), а для второго слоя – реагентов, позволяющих получить высококачественную поверхность с заданными свойствами (рис. 2.3). В качестве первого слоя эффективно использование железоникелевого покрытия, так как удельная стоимость данного материала получается в 3 раза ниже, чем у покрытий на основе хрома.

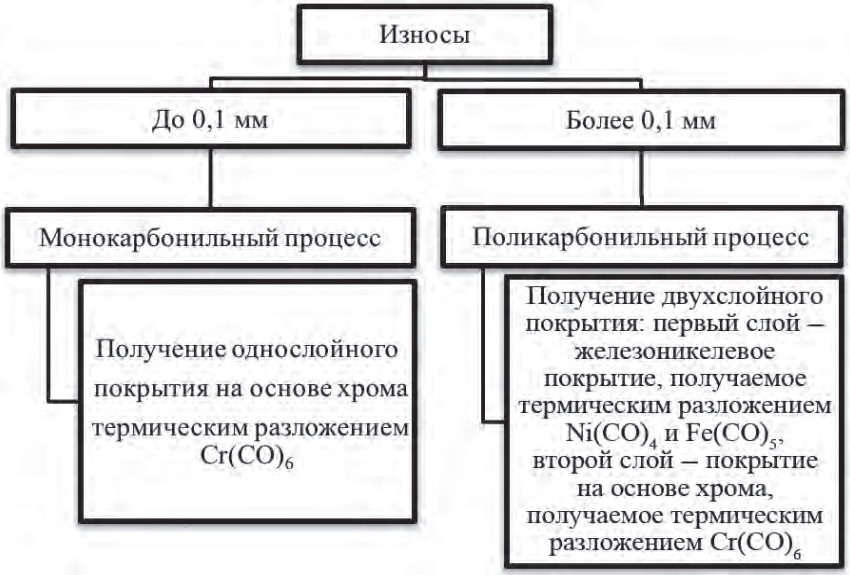


Рис. 2.3. Рекомендации по выбору типа процесса нанесения покрытий в зависимости от величины износа деталей

Наиболее значимая номенклатура деталей гидропривода, подверженных интенсивному изнашиванию и образующих ресурсолимитирующие соединения, для которых подходит предложенный нами способ как процесс восстановления геометрических параметров изношенных поверхностей, представлена ниже:

- штоки гидроцилиндров;
- гильзы гидроцилиндров;
- золотники гидрораспределителей;
- корпуса гидрораспределителей;
- плунжеры аксиально-поршневых насосов;
- распределительные шайбы аксиально-поршневых насосов;
- поршни объёмного гидропривода;
- золотники объёмного гидропривода.

2.3. Структура технологического процесса восстановления и упрочнения деталей гидропривода с применением CVD-покрытий

Последовательность действий при организации работ по восстановлению деталей сопряжений «вал-втулка» с применением CVD-покрытий заключается в следующем. Поступившие на ремонт узлы моются и разбираются; детали изношенных сопряжений разукомплектовываются, моются, укладываются в специальную тару и отправляются на дефектацию.

В процессе дефектации выбраковывают детали, имеющие трещины, сколы, а также повреждения и износы, превышающие предельные значения (предельные значения износа для каждого типа деталей определяются индивидуально, исходя из технологических особенностей и технико-экономических показателей процесса восстановления).

Детали, выбранные для восстановления, подвергаются механической обработке, в процессе которой с поверхностей, подлежащих восстановлению, удаляются следы изнашивания, коррозии или механических повреждений. При этом поверхностям придаются правильная геометрическая форма и требуемая шероховатость. Предельный припуск на механическую обработку устанавливает-

ся индивидуально для каждого типа деталей при разработке технологического процесса восстановления. Детали с невыведенными следами изнашивания выбраковываются, остальные помещаются в специальную тару и перемещаются на участок нанесения покрытий.

Перед металлизацией выполняется специальная подготовка, которая заключается в химическом травлении деталей в 10%-ном растворе серной кислоты (температура – 70°С) с последующей промывкой в горячей (температура – 60-70°С) и холодной воде. После этого детали просушиваются, незамедлительно монтируются на навеску и помещаются в реакционную камеру для нанесения покрытия.

По завершении металлизации детали подвергаются проверке на наличие дефектов, прошедшие проверку – отправляются на финишную механическую обработку.

После механической обработки их подвергают жёсткому техническому контролю (при необходимости сортируют по размерным группам), годные помещают в тару и передают на участок сборки узлов.

2.4. Разработка технологии восстановления и упрочнения золотников гидрораспределителя Р-80

В настоящее время производители гидравлической аппаратуры имеют разный подход к производству золотников гидрораспределителей. Часть использует высокоуглеродистые легированные стали типа 9ХС и др. [37]. В этом случае золотники подвергаются поверхностной закалке до твёрдости 56-63 HRC. Альтернативным способом является изготовление их из низкоуглеродистых сталей типа 15Х с цементацией и закалкой до той же твёрдости.

Используемые в серийном производстве распределителей технологии позволяют обеспечить ресурс сопряжений «золотник-корпус» в пределах 3000-4000 мото-ч, что в 2 раза ниже, чем у зарубежных аналогов. При этом выход узлов из строя связан в большей степени с интенсивным абразивным, гидроабразивным и коррозионно-механическим изнашиванием золотников [4, 24], что

свидетельствует о низких эксплуатационных качествах их рабочих поверхностей.

Восстановление золотниковых пар на предприятиях технического сервиса выполняется в основном перекомплектовкой. При этом детали, имеющие высокую степень износа и непригодные для дальнейшего использования, утилизируются либо восстанавливаются с применением металлических покрытий. Наиболее распространёнными способами нанесения покрытий являются технологии гальванического хромирования и железнения. Однако актуальность данных процессов с каждым годом становится всё ниже. Это связано с экологической опасностью процессов гальванического хромирования и низким качеством покрытий, полученных электролитическим железнением (ресурс деталей, восстановленных этим способом, находится в пределах 60-80% ресурса новых деталей).

Российскими и зарубежными учёными разработано большое количество высокоэффективных методов восстановления и упрочнения золотниковых пар с применением процессов электроискрового легирования, PVD-процессов, диффузионной металлизации и других, однако их внедрение в промышленное производство сдерживается нежеланием российских предприятий (по разным причинам) вкладывать значительные средства в развитие и внедрение инновационных процессов [38].

Технология, представленная в данной работе востребована и высокоэффективна в связи с тем, что может быть реализована с минимальными затратами на переоснащение производственных участков. Оборудование для нанесения CVD-покрытий можно самостоятельно изготовить в условиях большинства ремонтно-технических предприятий. Дополнительное оборудование, задействованное в технологическом процессе, как правило, имеется на любом машиностроительном или ремонтном предприятии.

Разработка технологии восстановления золотника выполнялась на основании структуры технологий восстановления и упрочнения деталей машин с использованием CVD-покрытий, представленной выше, применительно к конкретной детали. Структурная схема технологического процесса (с указанием норм времени на выполнение операций в минутах) представлена на рис. 2.4.

Рис. 2.4. Технологический маршрут процесса восстановления золотника гидрораспределителя

2.5. Расчёт параметров технологического процесса

Оборудование для технологического процесса выбирается исходя из соображений его широкой распространённости и наличия на предприятиях технического сервиса.

Операция 010 Моечная

Для очистки и мойки золотников применяется моечная машина погружного типа ОМ-14266. Производительность – 0,36 т/ч, макси-

мальный размер обрабатываемых деталей – 0,6×0,6×0,6 м, объем моющего раствора – 0,45 м^3. В качестве моющего раствора применяется Лабомид-М (концентрация раствора – 30 г/л, температура – 80°С, срок использования – шесть недель).

Подготовительно-заключительное время на операции мойки составляет 35-40 мин (0,67 ч), оно уходит на корректировку и подогрев раствора, удаление грязевых остатков из ванны и слив раствора в конце смены.

Время загрузки-выгрузки машины ($T_{зв}$) в среднем 10 мин, основное время мойки ($T_о$) 15 мин. Производительность машины – 360 кг/ч, масса золотника 0,43 кг (принимаем 0,5), т.е. за 1 ч будет вымыто 360/0,5 = 720 деталей.

Оперативное время составит:

$$T_{оп} = T_о + T_{зв} = 15 + 10 = 25 \text{ мин.}$$

Примем дополнительное время – $T_{доп}$ = 5 мин, тогда

$$T_{общ} = 25 + 5 = 30 \text{ мин.}$$

С учётом дополнительного времени и времени, затрачиваемого на загрузку-выгрузку, коэффициент реального использования машины по времени:

$$K_{ис} = \frac{T_о}{T_{общ}} = \frac{15}{30} = 0,5.$$

Следовательно, при $K_{ис}$ = 0,5 и продолжительности смены, равной 8 ч, за всю смену будет очищена партия из n деталей:

$$n = \left(8 \cdot 0,5 - 0,67\right) \cdot 720 = 2397 \text{ деталей.}$$

Тогда обоснованная норма времени на одну деталь:

$$T_т = \frac{8 \cdot 60}{2397} = 0,2 \text{ мин.}$$

Операция 020 Дефектовочная

Операция включает в себя две части:

1. Отбор из партии золотников, годных без восстановления.

При этом контролируются следующие дефекты: износ (точный диаметр по пояскам), остаточные деформации, разрушение рабочей поверхности поясков.

2. Выбраковка золотников, негодных для восстановления.

При этом выбраковываются деформированные золотники, золотники, имеющие размер по пояскам менее 24,95 мм, а также золотники с испорченными центровыми отверстиями. Оперативное время на операцию дефектовки составляет 3 мин. Дополнительное время принимаем в размере 10% от оперативного:

$$T_{доп} = 0{,}1 \cdot T_{оп} = 0{,}1 + 3 = 0{,}3 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время на одну деталь принимаем $T_{пз}$ = 0,2 мин. Следовательно, затраты времени на дефектовку одного золотника составляют:

$$T_{п} = T_{оп} + T_{доп} + T_{пз} = 3 + 0{,}3 + 0{,}2 = 3{,}5 \text{ мин.}$$

Инструменты для данной операции представлены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Инструмент для операции 020

Контрольный размер	Мерительный инструмент
Ø25	Микрометр МК-0-25 ГОСТ 6507-90
Биение центровых отверстий относительно поясков	Приспособление для контроля радиального биения относительно центровых отверстий ПР-78/99
	Индикатор часового типа с ценой деления 0,01 мм ГОСТ 577-68, микрометр МК-0-25 ГОСТ 6507-90

Операция 030 Круглошлифовальная

Шлифовать пояски золотника в размер $\varnothing 24{,}9u8(^{+0{,}081}_{+0{,}048})$ мм на L = 110 мм.

Для реализации операций 030, 070 Круглошлифовальная выбран станок круглошлифовальный универсальный 3131, который может

быть использован для наружного, внутреннего и торцевого шлифования цилиндрических, конических поверхностей в центрах или в патроне.

Технологический эскиз для операции 030 представлен на рис. 2.5.

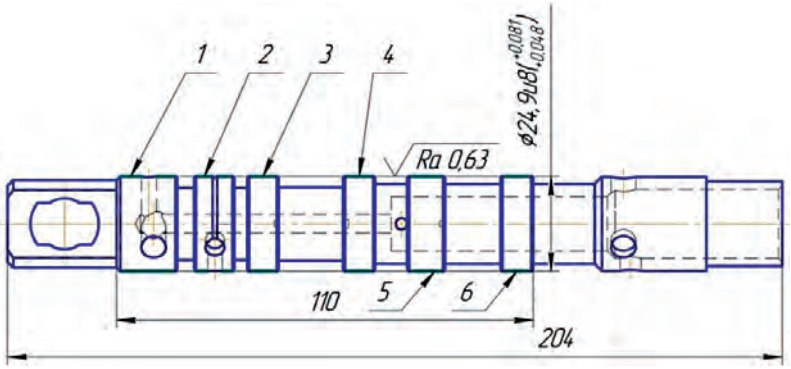


Рис. 2.5. Обрабатываемые поверхности на операции 030 (1-6)

Режущий и вспомогательный инструмент, необходимый для обработки поверхностей золотника 1-6, представлен в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Режущий и вспомогательный инструмент для обработки на операции 030

Номер		Способ обработки	Режущий инструмент	Вспомогательный инструмент
поверхности	инструмента			
1, 2, 3, 4, 5, 6	Т 01	Шлифование	Шлифовальный круг 1500×80×203 25А 40 СМ2 7 К1А ГОСТ 2424-83	Не требуется

Расчет режимов резания операции 030:

1) расчет числа оборотов шпинделя, соответствующего рекомендуемой скорости, и уточнение его по паспорту станка:

$$n = \frac{1000v}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 30}{3{,}14 \cdot 24{,}9} = 383{,}7 \text{ мин}^{-1}$$ [39, карта Ш-1, с. 168],

$n_{д.}$ = 300 мин$^{-1}$;

2) уточнение скорости вращения детали по принятым оборотам:

$$v = \frac{\pi dn}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 24{,}9 \cdot 300}{1000} = 23{,}45 \text{ м/мин [39, карта Ш-1, с. 168];}$$

3) выбор минутной поперечной подачи $s_м$, мм/мин:

$$s_{м.ок.} = s_{м.ок.(табл.)} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \text{ [6, с. 173],}$$

где $s_{м.пр.табл.}$ – минутная подача по таблице, $s_{м.пр.табл}$ = 0,85 мм/мин;

K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала скорости круга, K_1 = 1 [6, с. 174];

K_2 – коэффициент, зависящий от припуска и точности, K_2 = 0,5 [39, с. 175];

K_3 – коэффициент, зависящий от диаметра круга, количества кругов и характера поверхности, K_3 = 0,9 [6, с. 175].

$$s_{м.ок.} = 0{,}85 \cdot 1 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}9 = 0{,}3825 \text{ мм/мин;}$$

4) определение времени выхаживания $t_{вых.}$, мин:

$$t_{вых.} = 0{,}09 \cdot 1{,}5 = 0{,}135 \text{ мин [39, с. 175];}$$

5) определение величины слоя, снимаемого при выхаживании $a_{вых.}$, мм:

$$a_{вых.} = 0{,}03 \text{ мм/мин [39, с. 176];}$$

6) расчет машинного времени $t_м$, мин:

$$t_м = \frac{1{,}3\left(a - a_{вых.}\right)}{s_м} + t_{вых.} \text{ [6, карта Ш-1, с. 169],}$$

где 1,3 – коэффициент, учитываающий потери на этапе врезания;

a – общий припуск на сторону.

$$t_м = \frac{1{,}3 \cdot \left(0{,}05 - 0{,}03\right)}{0{,}3825} + 0{,}135 = 0{,}203 \text{ мин.}$$

Основное машинное время $T_о$ = 0,203. Вспомогательное время $T_{всп}$ состоит из времени, связанного с обработкой поверхности $T_{пов}$.

Время на установку детали массой до 0,5 кг в центрах $T_у$ = 0,22 мин [40, табл. 1, поз. 9]. Время, связанное с обработкой поверхности с точностью IT8, на станке с наибольшим диаметром изделия до 300 мм и измерением универсальным, многомерным мерительным инструментом: $T_{пов}$ = 0,23 мин [40, табл. 21, поз. 6]

$$T_{всп} = T_у + T_{пов} = 0,22 + 0,23 = 0,45 \text{ мин.}$$

Оперативное время:

$$T_{оп} = T_о + T_{всп} = 0,203 + 0,45 = 0,653 \text{ мин.}$$

Время на обслуживание рабочего места: $T_{обс}$ = 9% $T_{оп}$ [40, табл. 22, поз. 1]

$$T_{обс} = \frac{9 \cdot 0,653}{100} = 0,059 \text{ мин.}$$

Время перерывов на отдых и личные надобности (подача ручная) $T_п$ = 6% $T_{оп}$ [40, табл. 38, поз. 5]:

$$T_п = \frac{6 \cdot 0,653}{100} = 0,039 \text{ мин.}$$

Время штучное:

$$T_{шт} = T_о + T_{всп} + T_{обс} + T_п = 0,203 + 0,45 + 0,059 + 0,039 = 0,751 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время на партию (размер партии – 20 шт.) $T_{пз}$: на наладку станка, инструмента и приспособлений (деталь установлена в центрах) – 10 мин [40, табл. 23, поз. 1]; правку шлифовального круга по цилиндрической поверхности предварительно [40, табл. 23, поз. 7]; получение инструмента и приспособлений до начала работы и сдачи их после окончания обработки партии деталей – 7 мин [40, табл. 23, поз. 10]:

$$T_{пз} = 10 + 1 + 7 = 18 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт.к.} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} = 0,751 + \frac{18}{20} = 1,651 \text{ мин.}$$

Операция 040 Контрольная

При ее выполнении проводится проверка соответствия фактических размеров детали после шлифовки требуемым размерам. Инструмент, необходимый для выполнения операции, представлен в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Инструмент для операции 040

Контрольный размер	Мерительный инструмент
Ø24,9u8	Микрометр МК-0-25 ГОСТ 6507-90

Оперативное время на контрольную операцию составляет 1,5 мин. Дополнительное время принимаем в размере 10% от оперативного:

$$T_{доп} = 0{,}1 \cdot T_{оп} = 0{,}1 + 1{,}5 = 0{,}15 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время на одну деталь принимаем $T_{пз}$ = 0,2 мин. Следовательно, затраты времени на дефектовку одного золотника составляют:

$$T_{п} = T_{оп} + T_{доп} + T_{пз} = 1{,}5 + 0{,}15 + 0{,}2 = 1{,}85 \text{ мин.}$$

Операция 050 Подготовительная

Данная операция заключается в химическом травлении в 10%-ном растворе серной кислоты при температуре 70°С с последующей промывкой в горячей (60-70°С), холодной (10-25°С) воде (табл. 2.5).

Таблица 2.5

Номер		Способ обработки	Оснастка	Вспомогательный инструмент
поверхности	инструмента			
Все	Т02	Травление	Ванна цеховая	Навеска для деталей Т5
	Т03	Промывка в горячей воде	Ванна цеховая с подогревом	
	Т04	Промывка в холодной воде		

Вычислим оперативное время на операцию. Время травления с промывкой составляет 15 мин. Конструкция ванн позволяет произво-

дить обработку до 400 деталей одновременно, следовательно, норма времени на обработку одного золотника составит 15/400 = 0,0375 мин.

Дополнительное время принимаем в размере 10% от оперативного:

$$T_{доп} = 0,05 \cdot T_{оп} = 0,1 \cdot 0,0375 = 0,00375 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время на одну деталь – $T_{пз}$ = 0,2 мин. Следовательно, затраты времени на один золотник составляют:

$$T_{п} = T_{оп} + T_{доп} + T_{пз} = 0,0375 + 0,00375 + 0,2 = 0,24 \text{ мин.}$$

Операция 060 Металлизационная

Нанесение покрытия на рабочие пояски золотника до $\varnothing 25,1u8(^{+0,081}_{+0,048})$.

Основные режимы для нанесения трехслойного никеле-железохромового покрытия:

• нагрев деталей до 225°С;

• нанесение никелевого адгезионного подслоя h = 3-5 мкм (Р = 200 Па, подача $Ni(CO)_4$ = 1,5 л/ч, t = 2 мин);

• охлаждение деталей до 200°С;

• нанесение железоникелевого покрытия h = 140-160 мкм (Р = 200 Па, подача смеси МОС 160 л/ч (10% – $Ni(CO)_4$ + 90% – $Fe(CO)_5$), t = 50 мин);

• подогрев деталей до 250°С;

• нанесение хромового износостойкого покрытия при температуре МОС 60°С и температуре детали 250°С (t = 11 мин, Н = 35-45 мкм).

Определение нормы времени для металлизации одного золотника выполняется на основе данных, полученных при хронометраже процесса нанесения покрытий, при этом оценка времени на процесс определялась с учётом загрузки, выхода технологического оборудования на рабочий режим, охлаждения и выгрузки деталей. Установлено, что продолжительность процесса составляет $T_{оп}$ = 81,5 мин.

Подготовительно-заключительное время, необходимое для проведения операций по подготовке оборудования к процессу и его обслуживанию, принимаем равным $T_{доп}$ = 10 мин для каждого процесса.

Тогда полное время процесса можно определить как

$$T_n = T_{оп} + T_{доп} = 81{,}5 + 10 = 91{,}5 \text{ мин.}$$

Технологические возможности установки для нанесения покрытий позволяют разместить в камере 64 детали одновременно (рис. 2.6).

Рис. 2.6. Внешний вид рабочего пространства камеры установки для нанесения покрытий CVD-методом МОС

Следовательно, штучное время на одну деталь будет равно:

$$T_{шт} = \frac{T_n}{64} = \frac{91{,}5}{64} = 1{,}43 \text{ мин.}$$

Операция 070 Круглошлифовальная

Траектория движения инструмента представлена на рис. 2.7.

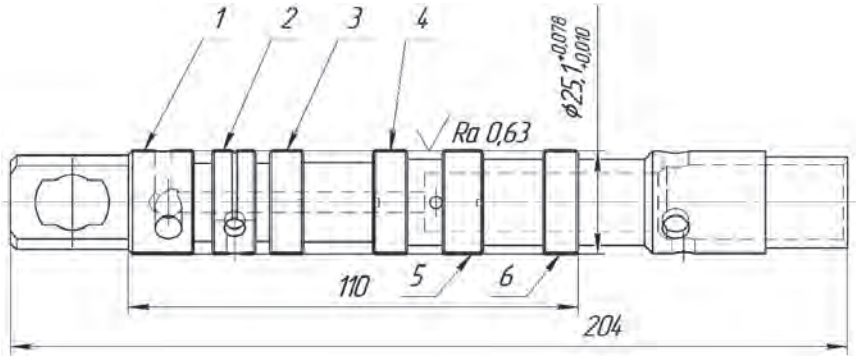


Рис. 2.7. Обрабатываемые поверхности на операции 070 (1-6)

Маркировка шлифовального круга:

1500×80×203 25А 40 СМ2 7 К1А ГОСТ 2424-83 [6, с. 172]

Шлифовать шейку $\varnothing 25{,}1\left(^{+0{,}078}_{+0{,}010}\right)$ мм на L = 110 мм:

1) расчет скорости шлифовального круга $v_{кр}$, м/с:

$$v_{кр.} = \frac{\pi D n_{кр.}}{1000 \cdot 60} \text{ [39, карта Ш-1, с. 168],}$$

где D – диаметр круга, D = 500 мм;

$n_{кр.}$ – число оборотов круга по станку.

$$v_{кр.} = \frac{3{,}14 \cdot 500 \cdot 2000}{1000 \cdot 60} = 52{,}3 \text{ м/с;}$$

2) расчет скорости v, м/мин и числа оборотов n в минуту детали:

а) определение рекомендуемой нормативами скорости вращения детали:

v = 30 м/мин;

б) расчет числа оборотов шпинделя, соответствующего рекомендуемой скорости, и уточнение его по паспорту станка:

$$n = \frac{1000v}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 30}{3{,}14 \cdot 25{,}1} = 380{,}64 \text{ мин}^{-1}$$ [39, карта Ш-1, с. 168],

$n_{д.}$ = 300 мин$^{-1}$;

в) уточнение скорости вращения детали по принятым оборотам:

$$v = \frac{\pi dn}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 25{,}1 \cdot 300}{1000} = 23{,}64 \text{ м/мин}$$ [39, карта Ш-1, с. 168];

3) выбор минутной поперечной подачи $s_м$, мм/мин:

$$s_{м.ок.} = s_{м.пр.(табл.)} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$ [39, с. 173],

где $s_{м.пр.табл.}$ – минутная подача по таблице, $s_{м.пр.табл}$ = 0,85 мм/мин;

K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала скорости круга, K_1 = 1 [6, с. 174];

K_2 – коэффициент, зависящий от припуска и точности, K_2 = 0,5 [39, с. 175];

K_3 – коэффициент, зависящий от диаметра круга, количества кругов и характера поверхности, K_3 = 0,9 [6, с. 175];

$s_{м.ок.} = 0{,}85 \cdot 1 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}9 = 0{,}3825$ мм/мин;

4) определение времени выхаживания $t_{вых.}$, мин:

$$t_{вых.} = 0{,}09 \cdot 1{,}5 = 0{,}135 \text{ мин}$$ [39, с. 175];

5) определение величины слоя, снимаемого при выхаживании $a_{вых.}$, мм:

$$a_{вых.} = 0{,}03 \text{ мм/мин}$$ [39, с. 176];

6) расчет машинного времени $t_м$, мин:

$$t_м = \frac{1{,}3\left(a - a_{вых.}\right)}{s_м} + t_{вых.}$$ [39, карта Ш-1, с. 169],

где 1,3 – коэффициент, учитывающий потери на этапе врезания;

a – общий припуск на сторону.

$$t_м = \frac{1{,}3 \cdot \left(0{,}05 - 0{,}03\right)}{0{,}3825} + 0{,}135 = 0{,}203 \text{ мин.}$$

Деталь устанавливается в центре с надеванием хомутика. Точность исполняемого размера – IT6. Основное технологическое время: T_o = 0,203 мин.

Вспомогательное время $T_{всп}$ состоит из времени, связанного с обработкой поверхности $T_{пов}$. Время на установку детали массой до 18 кг в центрах T_y = 0,32 мин [40, табл. 1, поз. 9] время, связанное с обработкой поверхности с точностью IT6, на станке с наибольшим диаметром изделия до 300 мм и измерением универсальным многомерным мерительным инструментом $T_{пов}$ = 0,36 мин [40, табл. 21, поз. 6].

$$T_{всп} = T_y + T_{пов} = 0,32 + 0,36 = 0,68 \text{ мин.}$$

Оперативное время:

$$T_{оп} = T_o + T_{всп} = 0,203 + 0,68 = 0,883 \text{ мин.}$$

Время на обслуживание рабочего места $T_{обс}$ = 9% $T_{оп}$ [40, табл. 22, поз. 1]:

$$T_{обс} = \frac{9 \cdot 0,883}{100} = 0,08 \text{ мин.}$$

Время перерывов на отдых и личные надобности (подача ручная) T_n = 6% $T_{оп}$ [40, табл. 38, поз. 5]:

$$T_n = \frac{6 \cdot 0,883}{100} = 0,053 \text{ мин.}$$

Время штучное:

$$T_{шт} = T_o + T_{всп} + T_{обс} + T_n = 0,203 + 0,68 + 0,08 + 0,053 = 1,016 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время на партию (размер партии – 33 шт.) T_n: на наладку станка, инструмента и приспособлений (деталь установлена в центрах) – 10 мин [8, табл. 23, поз. 1] на правку шлифовального круга по цилиндрической поверхности предварительно – 1 мин [40, табл. 23, поз. 7], на получение инструмента и приспособления до начала работы и сдачу их после окончания обработки партии деталей – 7 мин [40, табл. 23, поз. 10].

$$T_{пз} = 10 + 1 + 7 = 18 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт.к.} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} = 1,016 + \frac{18}{20} = 1,916 \text{ мин.}$$

Операция 080 Доводочная

Притереть золотник с обеспечением шероховатости *Ra* = 0,16 и размерами $25,1^{+0,068}_{-0,012}$.

Норма времени на доводочную операцию определялась по результатам наблюдения (фотографии рабочего дня) за несколькими рабочими-доводчиками, занятыми на одном производственном участке по притирке золотников ЗАО «Экспериментальный ремонтно механический завод», г. Ржев. При этом учитывалось время, затраченное за 8 ч на притирку, обслуживание рабочего места, перерывы и подготовительно-заключительные операции.

Обоснованная норма времени на один золотник составила 4,0 мин.

Операция 090 Контрольно-сортировочная

Норму времени на контрольно-сортировочную операцию принимаем равной норме на выполнение операции 040 Контрольная. $T_{шт.}$ = 1,85 мин.

Размер пояска контролируется с применением микрометра МК-0-25 ГОСТ 6507-90.

Выше был представлен расчёт параметров технологического процесса и обоснование норм времени на выполнение каждой из операций. Комплект документов разработанного технологического процесса изготовления приведен в приложении.

Литература

1. **Ачкасов К.А., Богачев Б.В., Бугаев В.Н.** и др. Ремонт машин / Под ред. Н.Ф. Тельнова. М.: Агропромиздат, 1992. – 560 с.

2. **Ерохин М.Н.** Машинно-технологические станции – резерв технического и экономического развития АПК: моногр. / М.Н. Ерохин, Л.И. Кушнарев, Е.А. Пучин. – М.: ФГОУ ВПО МГАУ им. В.П. Горячкина, 2008. – 272 с.

3. **Черноиванов В.И.** Восстановление деталей машин (состояние и перспективы) / В.И. Черноиванов, И.Г. Голубев. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 376 с.

4. **Казанцев С.П.** Разработка комбиинированной технологии получения железоборидных покрытий при восстановлении и упрочнениии деталей сельскохозяйственной техники: дис. … д-ра техн. наук: 05.20.03. – М., 2006. – 301 с.

5. **Ерохин М.Н., Казанцев С.П., Чупятов Н.Н.** Способы модифицирования поверхностей трения деталей машин: моногр. – М.: ФГБОУ ВПО МГАУ, 2014. – 140 с.

6. **Козырев В.В.** Восстановление сопряжения золотник-корпус гидравлических распределителей методом газофазной металлизации в условиях ремонтных предприятий АПК: дис. … канд. техн. наук: 05.20.03. – М., 1989. – 164 с.

7. **Хрущёв М.М., Бабичев М.А.** Абразивное изнашивание. – М.: Наука, 1970. – 272 с.

8. **Мясоедов Н.С.** Исследование работы и износа золотниковых пар распределителей гидравлических систем сельскохозяйственных тракторов: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.20.03. – Иркутск, 1966. – 19 с.

9. **Крагельский И.В., Добрынин М.Н.** Основы расчётов на трение и износ. – М.: Машиностроение, 1977. – 526 с.

10. **Хрущёв М.М., Бабичев М.А.** Абразивное изнашивание. – М.: Наука, 1970. – 272 с.

11. **Ямпольский Г.Я., Крагельский И.В.** Исследование абразивного износа пар трения качения. – М.: Наука 1973. – 63 с.

12. **Батищев А.Н., Голубев И.Г., Лялякин В.П.** Восстановление деталей сельскохозяйственной техники. – М.: Информагротех, 1995. – 296 с.

13. **Семёнов А.П.** Схватывание металлов и методы его предотвращения от трения / Трение и износ. – 1980. – Т. 1. – № 2. – С. 236-246.

14. **Буше Н.А., Копытько В.В.** Совместимость трущихся поверхностей. – М.: Наука, 1981. – 127 с.

15. **Крагельский И.В.** Трение и износ. – М.: Машиностроение, 1968. – 480 с.

16. **Марченко Е.А.** О природе разрушения поверхности металлов при трении. – М.: Наука, 1979. – 117 с.

17. **Башта Т.М.** Машиностроительная гидравлика. – М.: Машиностроение, 1971. – 672 с.

18. **Вайскранц В.М.** Повышение эффективности использования машин для землеройных работ в условиях жаркого климата. – М.: Стройиздат, 1983. – 84 с.

19. Исследование и разработка конструкций оборудования для технического обслуживания строительных машин с гидроприводом: отчет по теме 107/81-464. – Л.: ЛИСИ, 1981. – 78 с.

20. **Торопов А.Г.** Выбор оптимальной системы очистки рабочей жидкости гидросистем экскаваторов: дис. … канд. техн. наук. – Л.: ЛИСИ, 1981. – 170 с.

21. **Ереско С.П.** Исследование влияния нагрузочного режима одноковшовых экскаваторов на надежность гидроцилиндров рабочего оборудования и их уплотнительных устройств: дис. ... канд. техн. наук. – Л.: ЛИСИ, 1981. – 260 с.

22. **Фролов И.О.** Влияние эксплутационных повреждений на работоспособность гидроцилиндров и способы повышения их надежности, применительно к одноковшовым строительным экскаваторам: дис. … д-ра техн. наук: 05.05.04. – Л., 1984. – 221 с.

23. **Козырев В.В.** Металлоорганические соединения в машиностроении и ремонтном производстве: моногр. – Тверь: Студия-С, 2003. – 160 с.

24. **Борисов Г.А.** Гальваногазофазное хромирование как способ восстановления и упрочнения поверхностей деталей прецизионных пар гидроагрегатов: дис. … д-ра техн. наук: 05.20.03. – Рязань, 1997. – 290 с.

25. **Сыркин В.Г.** CVD-метод. Химическое парофазное осаждение. – М.: Наука, 2000. – 496 с.

26. **Несмеянов А.Н., Несмеянов Н.А.** Начало органической химии. – М.: Химия, 1974. – 774 с.

27. **Разуваев Г.А., Грибов Б.Г., Домрачеев Г.А., Соломатин Б.А.** Металлоорганические соединения в электротехнике. – М.: Наука, 1972. – 480 с.

28. **Карапетьянц М.Х.** Химическая термодинамика. – М.: Химия, 1975. – 583 с.

29. **Хорвуд Дж.** Промышленное применение металлорганических соединений. – Л.: Химия, 1970. – 327 с.

30. **Уикс К.Е.** Термодинамические свойства 65 элементов, их окислов, галогенидов, карбидов и нитридов. – М.: Металлургия, 1965. – 240 с.

31. **Сыркин В.Г.** Карбонильные металлы. – М.: Металлургия, 1978. – 256 с.

32. **Грибов Б.Г., Домрачеев Г.А., Жук Б.В.** Осаждение плёнок и покрытий разложением металлорганических соединений. – М.: Наука 1981. – 322 с.

33. **Козырев В.В., Ворончихина Л.И.** Самоорганизующиеся процессы при химическом осаждении износостойких покрытий // Фракталы и прикладная синергетика: тез. Междунар. междисциплинарного симпозиума. – 2001. – С. 70-71.

34. **Сыркин В.Г.** Химия и технология карбонильных материалов. – М.: Химия, 1972. – 240 с.

35. **Carlton H.E., Oxley H.** Am. Just. Chem. Eng. Journal. V 13. N 1, 1967. – P. 86-91.

36. **Борисов Г.А.** Газофазная металлизация и её применение в ремонтном производсве. – М.: МИИСП им. В.П. Горячкина и ТСХИ, 1990. – 121 с.

37. **Сёмочкин В.С.** Повышение долговечности прецизионных деталей гидравлических распределителей нанокомпозитным химическим никелированием: дис. … канд. техн. наук: 05.20.03. – Саратов, 2013. – 126 с.

38. **Балдин К.В., Передеряев И.И., Голов Р.С.** Инвестиции в инновации. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2008. – 238 с. – С. 77.

39. **Барановский Ю.В.** Режимы резания металлов: справ. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1972.

40. **Тишин С.Д.** Формулы основного технологического (машинного) времени работы на металлорежущих станках. – М.: Машгиз, 1956.

Приложение

Дубл.			
Взаим.			
Подп.			

РГАУ МСХА	Р-478.00.000		
Гидрораспределитель Р-80		1	14

ДОКУМЕНТЫ

к технологическому процессу восстановления

Р-478.00.000 – Золотник

РАЗРАБОТЧИКИ:

_____ М.Н. Ерохин

_____ Н.Н. Чупятов

ТП

Дубл.																		
Взаим.																		
Подл.																		
																	2	14
Разраб.	Чупятов Н.Н.																	
Пров.	Ерохин М.Н.																	
Нач. отд.																		
М. эксперт.																		
Н. контр.																		

Р-478.00.000

Золотник

А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа										
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К шт.	Т пз, мин	Т шт.
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала					Обозначение, код						ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх.
А01	010 Моечная						Слесарь	2								0,0088
Б02	Машина моечная ОМ-14266															
03																
А04	020 Дефектовочная						Контр.	5								0,0583
Б05	Стол дефектовщика ОГР-1468-01-090А															
06																
А07	030 Круглошлифовальная						Шлифовщик	4								0,02752
Б08	Станок круглошлифовальный 3131															
09																
А10	040 Контрольная						Контр.	-								0,03083
Б11	Стол контролера ОРТ 9870-ГОСНИТИ															
12																
А13	050 Подготовительная						Слесарь	2								0,004
Б14	Ванна с подогревом ВТЦ-31.000															

Дубл.															
Взам.															
Подл.															
														3	14

												Р-478.00.000			

А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа									
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К шт.	Т пз, мин	Т шт.
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала					Обозначение, код						ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх.
Б01	Ванна для промывки холодной водой ВТЦ-2.000															
02																
А03	060 Металлизационная						Металлизатор	5								0,01533
Б04	Установка УНП-300															
05																
А06	070 Круглошлифовальная						Шлифовщик	4								0,03193
Б07	Станок круглошлифовальный 3131															
08																
А09	080 Доводочная						Слесарь	4								0,0725
Б10	Станок токарно-винторезный 16К20															
Б11																
А12	090 Контрольно-сортировочная						Контр.	-								0,03083
Б13	Стол контролера ОРТ 9870-ГОСНИТИ															
14																
15																
МК															3

Дубл.			
Взаим.			
Подп.			

| | | |

Дубл.																		
Взаим.																		
Подп.																		
																	5	14
Разраб.	Чупятов Н.Н.						Р-478.00.000											
Пров.	Ерохин М.Н.																	
Зам. нач. отд.																		
М. эксперт							Золотник											
Н. контр.																		

С	НПП	Обозначение ДСЕ		Наименование ДСЕ	КП
Т	Опер.	Обозначение ТО	Кол.	Наименование ТО	
С01	070	О-324.00.000	2	Центр специальный	
С02		Т-246.00.000	1	Тара специальная	
С03	080	П-234.00.000	1	Притир специальный	
Т04		ГОСТ 2675-80	1	Патрон 7100-007	
Т05	090	ГОСТ 6507-90	1	Микрометр МК-0-25 ГОСТ 6507-90	
С06		ГОСТ 25706-83	1	Лупа	
С07					
С08					
С09					
С10					
С11					
С12					
Т13					
Т14					
15					
16					

																		5
ВО	Ведомость оснастки																	

Дубл.																		
Взаим.																		
Подл.																		
																	6	144

Разраб.	Чупятов Н.Н.				Р-478.00.000			
Пров.	Ерохин М.Н.							
Нач. отд.								
М. эксперт.					Золотник			010
Н. контр.								

А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа										
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К шт.	Т пз, мин	Т шт.
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала					Обозначение, код						ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх.
01	005 Моечная												0,2			
02	Машина моечная ОМ-14266															
03																
О04	1. Установить детали, в кассету															
05	Промыть детали при t = 80 °С; в течение 15 мин															
Т06	Кассета О-23.00.000															
07																
О08	2. Продуть детали сжатым воздухом															
Т09	Кран обдувной ПТ-3353															
10																
О11	3. Снять детали, уложить в специальную тару и транспортировать на следующую операцию															
Т12	Тара специальная Т-205.00.000															
13																
14																
МК																6

Дубл.																			
Взаим.																			
Подп.																			
																		7	14

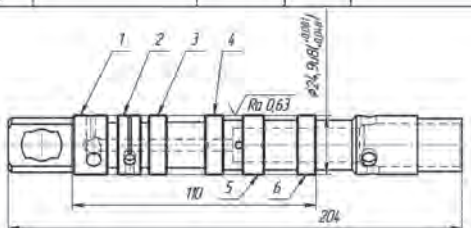
Разраб.	Чупятов Н.Н.				Р-478.00.000		
Пров.	Ерохин М.Н.						
Нач. отд.							
М. эксперт.					Золотник		020
Н. контр.							

А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа										
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К шт.	Т пз, мин	Т шт.
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала					Обозначение, код						ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх.
01	010 Дефектовочная												0,005			
02	Стол дефектовщика ОГР-1468-01-090А															
03																
О04	1. Дефектовать золотник согласно требованиям чертежа: наружный размер пояскoв по чертежу $25^{+0,06}_{-0,012}$															
О05	Ремонтировать при размерах не менее 24,95															
О06	Проверить центровые отверстия определением радиального биения															
О07	Допускается биение не более 0,07															
Т08	Приспособление для контроля радиального биения относительно центровых отверстий ПР-78/99															
Т09	Индикатор часового типа с ценой деления 0,01 мм ГОСТ 577-68, микрометр МК-0-25 ГОСТ 6507-90															
10																
О11	2. Годные детали уложить в специальную тару и транспортировать на следующую операцию															
О12	Остальные отправить на утилизацию															
Т13	Тара специальная Т-205.00.000															
14																

МК		7

Дубл.															
Взаим.															
Подл.															
														8	14

Разраб.	Чупятов Н.Н.				Р-478.00.000		
Пров.	Ерохин М.Н.						
Нач. отд							
М. эксперт					Золотник		030
Н. контр.							



Наименование операции					Материал	
Круглошлифовальная					Сталь 20 ГОСТ 1050-88	
Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИ
			Ø24,9; L = 110			
Оборудование, устройство ЧПУ					Обозначение программы	
Станок круглошлифовальный 3131						
$T_{оп}$	$T_{обс}$	$T_{п}$	$T_{шт}$		СОЖ	
-	-	-	1,651			

А		ПИ	D или B	L	t	i	S	n	V
О01	1. Установить деталь, выверить, закрепить								
Т02	Центр специальный О-324.00.000								
03									
О04	2. Шлифовать в размер Ø24,9 $u8(^{+0,081}_{+0,048})$ мм на длине L = 110 мм								
Т05	Шлифовальный круг 1500×80×203 25А 40 СМ2 7 К1А ГОСТ 2424-83; микрометр МК-0-25 ГОСТ 6507-90								
Р06			24,9	110		0,3825	300	23,45	
07									
О08	4. Уложить детали в специальную тару, транспортировать на следующую операцию								
Т09	Тара специальная Т-244.00.000								
10									
ОК	Обработки на универсальном (или спец.) оборудовании								8

Дубл.																			
Взаим.																			
Подл.																			
																		9	14

Разраб.	Чупятов Н.Н.				Р-478.00.000			
Пров.	Ерохин М.Н.							
Нач. отд.								
М. эксперт.					Золотник			040
Н. контр.								

А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа										
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К шт.	Т пз, мин	Т шт.
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала					Обозначение, код						ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх.
01	040 Контрольная											0,005				
02	Стол контролера ОРТ 9870-ГОСНИТИ															
03																
О04	1. Проверить деталь после шлифовки на соответствие требованиям: наружный размер поясков Ø24,9 и8($^{-0,081}_{-0,048}$)															
О05	Биение относительно центровых отверстий не более 0,01															
О06	Наличие на рабочих поверхностях поясков следов износа не допускается															
07																
Т08	Приспособление для контроля радиального биения относительно центровых отверстий ПР-78/99															
Т09	Индикатор часового типа с ценой деления 0,01 мм ГОСТ 577-68, микрометр МК-0-25 ГОСТ 6507-90															
10																
О11	2. Годные детали уложить в специальную тару и транспортировать на следующую операцию															
О12	Остальные отправить на утилизацию															
Т13	Тара специальная Т-244.00.000															
14																
МК																9

Дубл.																		
Взаим.																		
Подл.																		
																	10	14

Разраб.	Чупятов Н.Н.				Р-478.00.000			
Пров.	Ерохин М.Н.							
Нач. отд.								
М. эксперт.					Золотник			050
Н. контр.								

А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа										
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К шт.	Т пз, мин	Т шт.
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала					Обозначение, код						ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх.
01	050 Подготовительная												0,24			
О02	1. Уложить детали в технологическую корзину															
Т03	Корзина специальная для травления и промывки Т-273.00.000															
О04																
05	2. Травить детали в 10% растворе серной кислоты на протяжении 5 мин															
06	Ванна для травления ГВ-375/1															
07																
Т08	3. Промыть детали сначала в горячей (60…70°С), потом в холодной воде (10…25°С)															
09	Ванна с подогревом для промывки горячей водой ВТЦ-31.000															
10	Ванна для промывки холодной водой ВТЦ-2.000															
О11																
О12	2. Уложить детали в специальную передвижную тару и отправить на следующую операцию															
Т13	Тара специальная Т-245.00.000															
14																
МК																10

Дубл.																		
Взаим.																		
Подл.																		
																	11	14

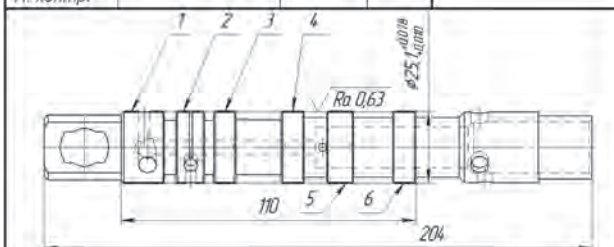
Разраб.	Чупятов Н.Н.				Р-478.00.000			
Пров.	Ерохин М.Н.							
Нач. отд.								
М. эксперт.					Золотник			060
Н. контр.								

А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа										
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К шт.	Т пз, мин	Т шт.
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала					Обозначение, код						ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх.
01	060 Металлизационная												0,92			
02	Установка УНП-300															
О03	1. Установить детали в камеру															
О04	2. Нанести покрытие на рабочие пояски золотника до Ø25,1 и8($^{+0,081}_{+0,048}$):															
Р05	1. Откачать атмосферу Р=200Па, нагреть детали до 225°С, подать $Ni(CO)_4$ = 1,5 л/ч, t = 2 мин															
Р06	2. Охлаждение деталей до 200 °С															
Р07	3. Подача смеси МОС 160 л/ч (10% - $Ni(CO)_4$ + 90% - $Fe(CO)_5$), t = 50 мин, давление в камере Р = 200 Па															
Р08	4. Подогрев деталей до 250°С															
Р09	5. Нанесение хромового износостойкого покрытия при температуре МОС 60°С и температуре детали 250°С															
Р10	(t = 11 мин, Н = 35…45 мкм)															
Р11	6. Охлаждение до 150°С, напуск атмосферы															
О12	3. Извлечь детали из камеры, уложить в специальную передвижную тару и отправить на следующую операцию															
Т13	Тара специальная Т-246.00.000															
МК																11

Дубл.			
Взаим.			
Подп.			

																12	14

Разраб.	Чупятов Н.Н.				Р-478.00.000				
Пров.	Ерохин М.Н.								
Нач. отд.									
М. эксперт					Золотник				070
Н. контр.									



Наименование операции					Материал	
Круглошлифовальная					Сталь 20 ГОСТ 1050-88	
Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИ
			Ø24,9; L = 110			
Оборудование, устройство ЧПУ					Обозначение программы	
Станок круглошлифовальный 3131						
T_o	$T_в$	$T_{пз}$	$T_{шт}$		СОЖ	
0,203	0,68	-	1,016			

А		ПИ	D или B	L	t	i	S	n	v
O01	1. Установить деталь, выверить, закрепить								
T02	Центр специальный О-324.00.000								
03									
O04	2. Шлифовать в размер $Ø\,25{,}1^{-0{,}078}_{+0{,}01}$ Ra = 0,32 на длине L = 110 мм. При обработке удалять минимально возможный слой материала								
O05									
T06	Шлифовальный круг 1500×80×203 25А 40 СМ2 7 К1А ГОСТ 2424-83; микрометр МК-0-25 ГОСТ 6507-90								
P07			24,9	110	0,653		0,3825	300	23,45
08									
O09	4. Уложить детали в специальную тару, транспортировать на следующую операцию								
T10	Тара специальная Т-246.00.000								
ОК	Обработки на универсальном (или спец.) оборудовании								12

Дубл.																			
Взаим.																			
Подл.																			
																		13	14

Разраб.	Чупятов Н.Н.				Р-478.00.000			
Пров.	Ерохин М.Н.							
Нач. отд.								
М. эксперт.					Золотник			080
Н. контр.								

А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа										
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К шт.	Т пз, мин	Т шт.
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала					Обозначение, код						ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх.
01	080 Доводочная											0,0055				
02	1. Установить золотник в патрон, закрепить															
О03	Патрон 7100-007 ГОСТ 2675-80															
Т04																
05	2. Притереть золотник с обеспечением шероховатости Ra = 0,16 и размеров $25{,}1^{-0{,}068}_{-0{,}012}$															
О06	Притир специальный П-234.00.000															
Т07																
08	3. Обезжирить деталь															
09	Ацетон ГОСТ 2603-79; перчатки резиновые; ветошь х.-б.															
10																
11	4. Годные детали уложить в специальную тару, транспортировать на следующую операцию															
12	Тара специальная О-05.00.000															
13																
14																
МК																13

Дубл.															
Взаим.															
Подл.															
														14	14
Разраб.	Чупятов					Р-478.00.000									
Пров.															
Зам. нач. отд.															
М. эксперт						Золотник									090
Н. контр.															

Наименование операции	Наименование, марка материала	МД
Контрольно-сортировочная		

Наименование оборудования	Тв	То		Обозначение ИОТ
Стол контрольный		0,005		

Р	Контролируемые параметры	Код средств измерений	Наименование средств измерений	Объем и ПК	То/Тв, мин
01	1. $\varnothing 25{,}1^{+0{,}068}_{-0{,}012}$		Микрометр МК-0-25 ГОСТ 6507-90		
02			ГОСТ 6507-90		
03					
04	2. Наличие дефектов		Лупа ГОСТ 25706-83		
05	(сколы покрытия, царапины,				
06	и др.)				
07					
08	3. Годные детали уложить		Тара специальная О-05.00.000		
09	в специальную тару,				
10	транспортировать на				
11	сборочный участок				
12					
ОК	Технический контроль				14

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 3
1. Анализ условий работы и причины отказов гидропривода сельскохозяйственных машин 5
1.1. Прецизионные пары 5
1.2. Гидроцилиндры 8
1.3. Влияние загрязнения рабочей жидкости на долговечность деталей гидравлических систем 10
2. CVD-метод как способ восстановления и упрочнения поверхностей 14
2.1. Материалы и оборудование CVD-метода 14
2.2. Технологические особенности CVD-процессов, разработка процессов восстановления и упрочнения деталей гидропривода 16
2.3. Структура технологического процесса восстановления и упрочнения деталей гидропривода с применением CVD-покрытий 18
2.4. Разработка технологии восстановления и упрочнения золотников гидрораспределителя Р-80 19
2.5. Расчёт параметров технологического процесса 21
Литература 34
Приложение 37

Михаил Никитьевич Ерохин,
Николай Николаевич Чупятов

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ И УПРОЧНЕНИЮ ДЕТАЛЕЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ CVD-МЕТОДА МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Редактор *М.А. Обознова*
Обложка художника *П.В. Жукова*
Компьютерная вёрстка *Т.С. Ларёвой*
Корректоры: *С.И. Ермакова,*
Л.Т. Мехрадзе, В.И. Сидорова

fgnu@rosinformagrotech.ru

Подписано в печать 24.12.2018 Формат 60×84/16
Бумага офсетная Гарнитура шрифта «Times New Roman» Печать офсетная
Печ. л. 3,25 Тираж 500 экз. Изд. заказ 171 Тип. заказ 773

Отпечатано в типографии ФГБНУ «Росинформагротех»,
141261, пос. Правдинский Московской обл., ул. Лесная, 60

ISBN 978-5-7367-1470-4

ПОДПИСЫВАЙТЕСЬ НА ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ МИНСЕЛЬХОЗА РОССИИ

Информационный бюллетень Минсельхоза России выпускается ежемесячно тиражом более 4000 экземпляров и распространяется во всех регионах страны, поступает в органы управления АПК субъектов Российской Федерации. В журнале публикуются материалы информационно-аналитического характера о деятельности Министерства по реализации государственной аграрной политики, отражаются приоритеты, цели и направления развития сельского хозяйства и сельских территорий, материалы о мероприятиях, проводимых с участием первых лиц государства по вопросам развития отрасли, освещается ход реализации Госпрограммы на 2013-2020 годы.

Вы прочтете проблемные статьи и интервью с руководителями регионов, ведущими учеными-аграрниками, руководителями сельхозпредприятий и фермерами. Широко представлены новости АПК регионов.

В приложении к Информационному бюллетеню публикуются официальные документы – постановления Правительства России, законодательные и нормативные акты по вопросам АПК, приказы Минсельхоза России.

Подписку можно оформить через Роспечать (индекс 37138) и редакцию с любого месяца и на любой период, перечислив деньги на наш расчетный счет. Стоимость подписки на 2019 г. с учетом доставки по Российской Федерации – 4512 руб. с учетом НДС (10%); 376 руб. с учетом НДС (10%) за один номер.

Банковские реквизиты: УФК по Московской области (Отдел №28 Управления Федерального казначейства по МО) ИНН 5038001475 / КПП 503801001 ФГБНУ «Росинформагротех», л/с 20486X71280, р/с 40501810545252000104 в ГУ Банка России по ЦФО БИК 044525000 в назначении платежа указать

Журнал уже получают тысячи сельхозтоваропроизводителей России и стран СНГ

В Информационном бюллетене Минсельхоза России Вы можете разместить свои аналитические и рекламные материалы, соответствующие целям и профилю журнала. Размещение рекламы можно оформить через ФГБНУ «Росинформагротех» перечислив деньги на наш расчетный счет.

Телефоны для справок: 8 (496) 531-19-92,
(495) 993-55-83,
(495) 993-44-04.
Факс 8 (496) 531-64-90
e-mail: market-fgnu@mail.ru, ivanova-fgnu@mail.ru