

В.Н. Кропивный, проф., канд. техн. наук, В.В. Русских, асист., Ю.В. Кулешков, проф., канд. техн. наук, О.В. Бевз, канд. техн. наук

Кировоградский национальный технический университет

Анализ способов восстановления шестерен насосов НШ

В статье предложен принцип классификации способов восстановления шестерен насосов НШ по технологическому принципу. Предложен способ, позволяющий усовершенствовать восстановление шестерен электроконтактным навариванием износостойких композиционных порошковых материалов.

восстановление, шестерни, насос НШ, технологический принцип, электроконтактное наваривание, износостойкие композиционные порошковые материалы

Результаты анализа многочисленных литературных источников [1-19] показали, что в них отсутствует системный подход по обобщению информации об известных способах восстановления и ремонта шестерен насосов НШ. До сих пор не предложена их классификация. А от того насколько правильно выбраны принципы классификации, зависит подход к дальнейшему совершенствованию ремонта и восстановления шестерен и насоса в целом.

Цель исследования – дать анализ существующим методам ремонта и восстановления шестерен насосов типа НШ. Основываясь на системном подходе, предложить классификацию известных методов ремонта и восстановления шестерен, которая позволит выявить новые перспективные методы ремонта и восстановления шестерен, и будет способствовать дальнейшему продвижению в направлении совершенствования методов ремонта шестеренных насосов.

Объект исследования информация о способах и методах ремонта и восстановления шестерен насосов типа НШ

Предмет исследования структурированность, системность исследуемой информации о способах и методах ремонта и восстановления шестерен насосов НШ.

Шестерни насосов НШ отличает сложная развитая рабочая поверхность, высокие требования, предъявляемые к точности исполнения и шероховатости сопрягаемых поверхностей. По наличию цапф эти детали следует отнести к классу вал-шестерен. Эти особенности, а также незначительный износ рабочих поверхностей шестерен требуют особо тщательного подхода к выбору способа восстановления этих деталей.

Результатом обобщающего анализа известных способов ремонта и восстановления шестерен явилась разработанная классификация способов восстановления шестерен насосов НШ по технологическому признаку, которая представлена на рис. 1.

До последнего времени восстановление шестерен насосов типа НШ сводилось к устранению следов износа на рабочих поверхностях путем их шлифования под ближайший ремонтный размер в пределах толщины слоя термообработки цапф, торцов и поверхности головок зубьев шестерен (см. рис. 2) [1]. К преимуществам описанного метода ремонта шестерен следует отнести простоту, низкую трудоемкость и себестоимость способа. Однако компенсация износов шестерен по диаметру, по ширине зуба, а также цапф шестерен по диаметру достигается за счет восстановления под уменьшенный ремонтный размер сопрягаемых с шестернями корпуса и втулок

насоса, что приводит к увеличению сложности и себестоимости ремонта насоса.

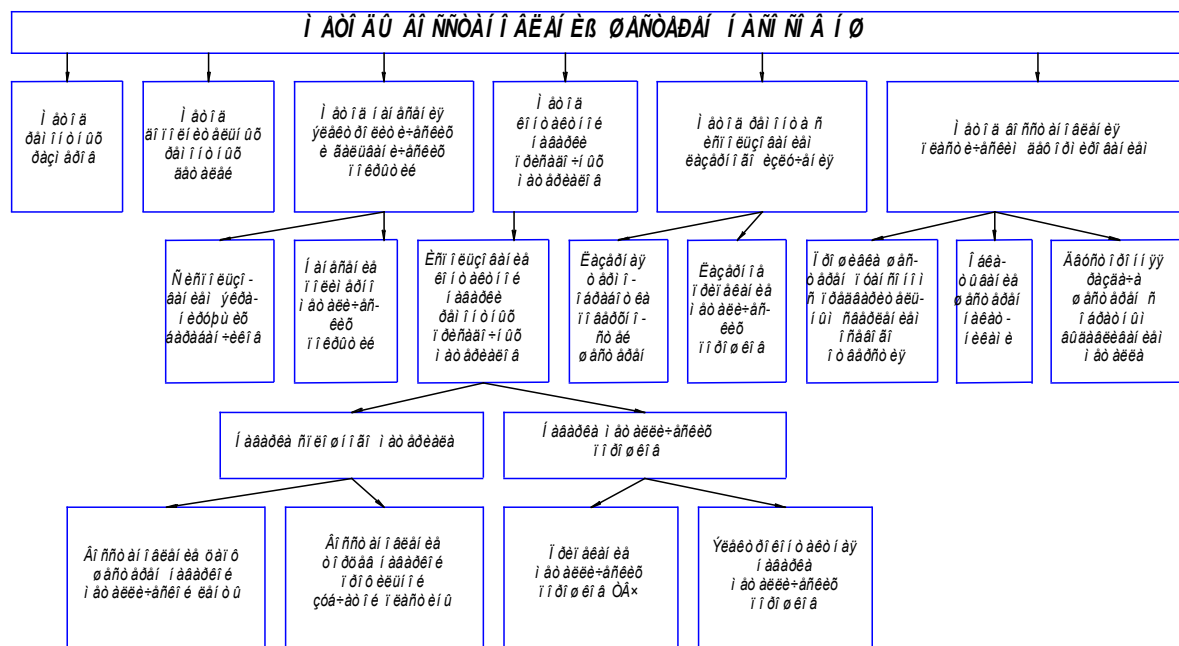


Рисунок 1 – Классификация способов ремонта и восстановления шестерен насосов НШ

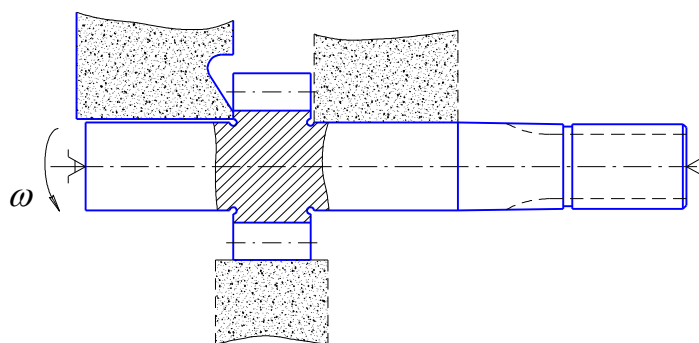


Рисунок 2 – Схема восстановления шестерен насосов НШ методом ремонтных размеров

Метод дополнительных ремонтных деталей заключается в исправлении макро- и микро геометрических параметров изношенных торцов шестерен шлифованием до выведения следов износа. После этого на цапфах шестерен устанавливаются компенсационные пластины с профилем соответствующим профилю восстанавливаемой шестерни без их закрепления на торцах шестерен [2] (см. рис. 3). Предлагаемый способ позволяет восстановить износ зубьев шестерен по ширине. Износ же шестерен и цапф по диаметру устраняют шлифованием под ближайший ремонтный размер. И хотя использование способа позволяет за счет увеличения ширины зуба восстановить исходную объемную подачу (ОП) насоса, однако появление нового сопряжения «шестерня - компенсационная пластина» создает дополнительные возможности для утечек жидкости. Это явление усугубляется еще и тем, что высокая твердость торцов пластин и шестерен почти исключает возможность приработки этих поверхностей.

Развитие способа заключается в контактной приварке профильных пластин на торцы шестерен, а в дальнейшем замене профильных пластин компенсирующими износ

шайбами (см. рис. 4). По утверждению авторов, способ способствует повышению КП насоса за счет увеличения гидросопротивления торцового сопряжения [3].

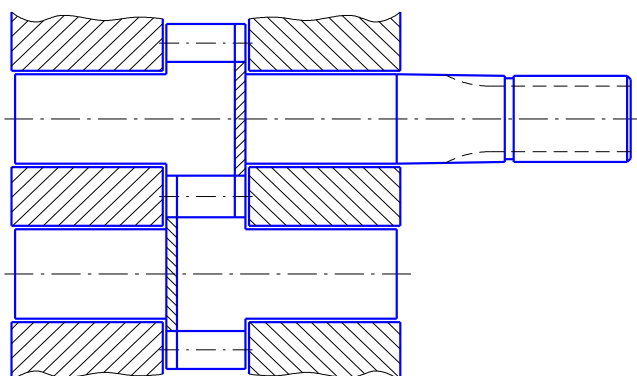


Рисунок 3 – Схема восстановления шестерен насосов НШ методом дополнительных деталей – при помощи профильных пластин без закрепления их на торцах шестерен

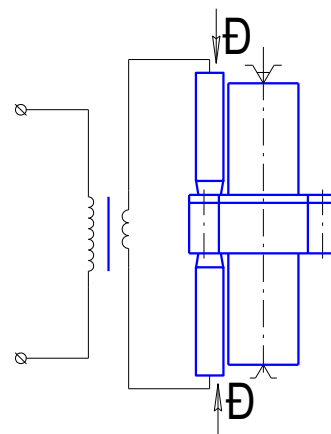


Рисунок 4 – Схема восстановления шестерен насосов НШ методом дополнительных деталей при помощи профильных пластин с закреплением их на торцах

Р.Б. Саидовым разработан способ восстановления шестерен гальваническими покрытиями: оставлением и хромированием [4] (см. рис. 5).

Проблематичность восстановления шестерен насосов НШ электролитическим наращиванием металлов заключается в сложности получения равномерных покрытий на рабочих поверхностях. Это объясняется формой детали, наличием острых граней, на которых происходит образование дефектов в виде «загаров» и «дендритов». Процесс наращивания металла длителен и продолжается 2...3 часа до образования требуемой толщины покрытия - 0,10...0,15 мм [4].

Совершенствованием способа восстановления шестерен гальваническими покрытиями является нанесение полимерно-металлических покрытий при восстановлении цапф и торцов шестерен. Их получают из электролитов-суспензий представляющих собой растворы солей металлов с добавлением определенного количества высокодисперсного полимерного порошка [5].

Способ не нашел широкого применения на практике из-за большой трудоемкости, кроме того способ не позволяет восстанавливать эвольвентный профиль зубьев из-за отслаивания гальванопокрытий из-за значительных контактных напряжениях, возникающих при работе шестерен под нагрузкой [4].

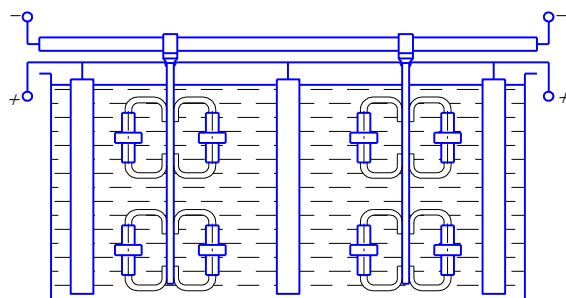


Рисунок 5 – Схема восстановления шестерен насосов НШ путем нанесения гальванопокрытий

В работах [6, 7] предлагают наносить металлические порошки на изношенные поверхности шестерен лазерной наваркой. Используют при этом дорогостоящие самофлюсующиеся порошки на основе никеля СНГН и АГ-СР зернистостью 0,1... 0,25

мм. Твердость наваренного порошка СНГН- HRC 60...63, прочность сцепления с основой составляет 250 МПа [6, 7] (см. рис. 6).

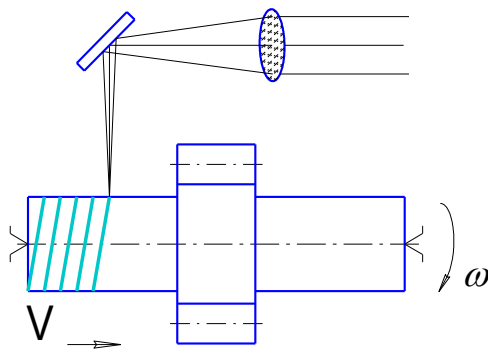


Рисунок 6 – Схема восстановления шестерен насосов НШ лазерной наваркой металлических порошков

В Национальном транспортном университете был предложен способ восстановления шестерен пластическим деформированием - раздачей путем сквозной прошивки пуансоном вдоль предварительно просверленного осевого отверстия [8]. Деталь нагревают до температуры 1000...1100⁰С и помещают в штамп для раздачи. Раздача производится прошивным пуансоном со скоростью 80...150 мм/с, с усилием на штоке 100...120 кН (см. рис. 7). После раздачи шестерня подвергается отжигу и последующей механической и термической обработке [8].

Разработанная технология позволяет получать восстановленные шестерни, не уступающие по своим характеристикам новым. Экономическая эффективность способа достигается за счет снижения трудоемкости и возвращения деталям полного ресурса при 100 % экономии металла [8]. Стоимость восстановления детали составляет 40... 55 % от изготовления новой. К существующим недостаткам способа следует отнести невозможность восстановления венца шестерни по длине, низкую стойкость тонких прошивных пуансонов и недостаточность создаваемого припуска для качественного восстановления шестерен в процессе последующей механической обработки [9].

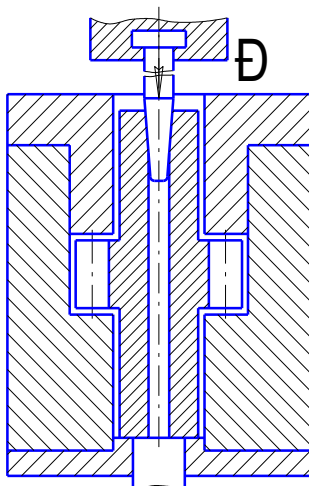


Рисунок 7 – Схема восстановления шестерен насосов НШ сквозной прошивкой пуансоном вдоль предварительно просверленного осевого отверстия

На Дарницком опытно-экспериментальном ремонтном заводе предложен способ и устройство для восстановления шестерен насосов НШ с износом зубьев по длине и диаметру путем обкатки шестерен накатниками с ребордами [10] (см. рис. 8). Устройство позволяет восстанавливать зубья шестерен как по длине, формируя торцы

шестерен ребрами накатников, так и по диаметру за счет металла тела зуба. При этом происходит уменьшение модуля зацепления, что приводит к уменьшению объемной подачи шестеренного насоса, укомплектованного восстановленными этим способом шестернями. Способ не позволяет так же восстанавливать износы цапф шестерен по диаметру.

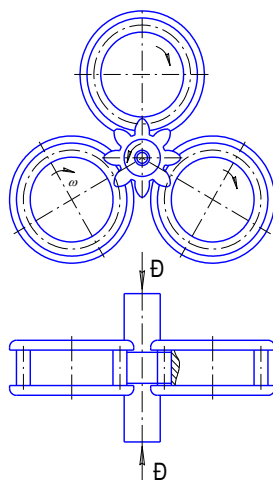


Рисунок 8 – Схема восстановления шестерен насосов НШ пластическим деформированием путем обкатки накатниками

Дальнейшее развитие способ восстановления шестерен горячим пластическим деформированием получил в работах [11]. Автором предлагается восстанавливать шестерни двусторонней раздачей с обратным выдавливанием металла на заключительной стадии процесса деформирования, исключая предварительное сверление осевых отверстий (см. рис. 9). Предлагаемая схема формообразования [11] обеспечивает создание необходимого припуска на всех изношенных рабочих поверхностях шестерне не менее 0,75 мм на сторону [9].

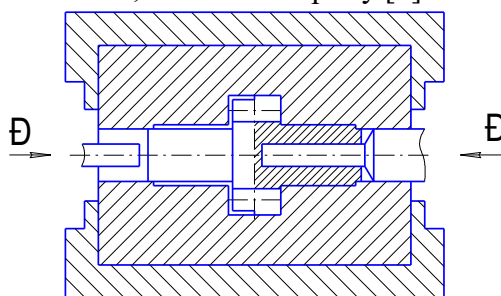


Рисунок 9 – Схема восстановления шестерен насосов НШ пластическим деформированием путем двусторонней раздачи одновременно двумя пуансонами с обратным выдавливанием

В отличие от других способов метод восстановления шестерен пластическим деформированием позволяет осуществить комплексное восстановление детали по всем изношенным поверхностям, т.е. метод обеспечивает высокую концентрацию операций при восстановлении деталей. Долговечность шестерен восстановленных пластическим деформированием на 15...25 % выше, чем серийных, изготавливаемых методом резания [12, 13].

К существенным недостаткам восстановления шестерен пластическим деформированием следует отнести значительные энерго- и трудовые затраты, полный цикл термической обработки шестерен и значительный объемы последующей механической обработки.

Одним из наиболее перспективных способов восстановления шестерен насосов типа НШ является создание композиционных покрытий, обладающих высоким уровнем износостойкости, прочности, твердости, коррозионной стойкости на основе новых технологий, базирующихся на методах порошковой металлургии, в частности электроконтактной наваркой износостойких композиционных порошковых материалов (ЭКН ИКПМ).

Способ ЭКН особенно целесообразно применять для восстановления и упрочнения деталей с небольшой рабочей поверхностью упрочнения и получения слоев толщиной до 1,5 мм. В качестве порошковых материалов используют, как однокомпонентные порошки металлов и легированных сплавов, так и различные порошковые смеси. Последние могут содержать в качестве твердого упрочняющего компонента одно или несколько соединений типа карбидов, боридов, силицидов, нитридов и оксидов, металлокерамики и керамики. Применение таких материалов и упрочнение деталей, работающих при абразивном изнашивании методами ЭКН, позволяет повысить износостойкость в 1,5... 8 раз при значительном годовом экономическом эффекте.

При ЭКН ИКПМ в твердой фазе не ухудшаются первоначальные свойства материала детали и компонентов ИКПМ, полученные порошковые покрытия обладают высокими механическими свойствами, при этом достигается достаточно высокая прочность сцепления слоя с основным металлом – 150...300 МПа с пористостью не более 10 %.

Подробное изложение технологии восстановления шестерен ЭКН ИКПМ представлено в работах И.А. Бабаева [14].

Кировоградским НТУ разработана технология комплексного восстановления шестерен насосов [15, 16]. Предлагаемый способ восстановления включает в себя: ЭКН ИКПМ на вершины зубьев; наварку профильной зубчатой пластины к торцам шестерни; электролитическое нанесение композиционного металлополимерного покрытия на основе железа на цапфы шестерен или контактную наварку на цапфы металлической ленты [15] (см. рис. 10).

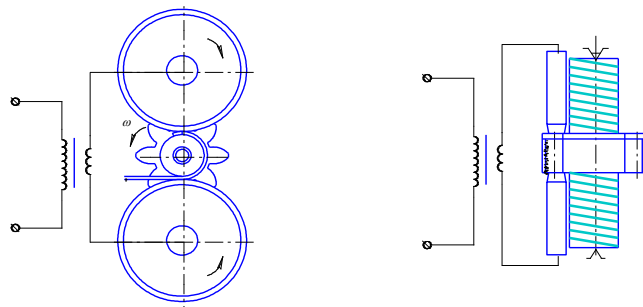


Рисунок 10 – Схема комплексного восстановления шестерен насосов НШ электроконтактным нанесением присадочного материала

Служат шестерни, восстановленные контактной наваркой компенсирующего износ материала в 2...3 раза дольше, чем новые. Срок службы восстановленного сопряжения шестерни - корпус увеличивается в 1,5...2 раза [17].

К недостаткам известного способа [14, 15] следует отнести недостаточную стабильность процесса ЭКН ИКПМ с высоким содержанием углерода и др. карбидообразующих элементов на вершины цементированных зубьев шестерен и хрупкость нанесенного покрытия.

С целью повышения качества покрытия: улучшения прочности сцепления наваренного порошка с основным металлом шестерен, уменьшения пористости

покрытия и снижения его хрупкости было предложено усовершенствование способа ЭКН ИКПМ путем использования химического активирующего фактора введением в навариваемый порошок растворов солей никеля [16].

Для восстановления и упрочнения шестерен покрытием способным успешно противостоять абразивному и гидроабразивному износу возникает необходимость наваривать ИКПМ. Высокая износостойкость ИКПМ обеспечивается содержанием в их составе особо твердых и износостойких компонентов, таких как, карбиды хрома, карбиды титана, которые резко снижают свариваемость и навариваемость этих материалов или оксидов, а также керамических материалов, которые не свариваются вообще и резко повышают электрическое сопротивление навариваемых ИКПМ. Кроме того, нанесение покрытий на цементированные поверхности шестерен, содержащие достаточно большое содержание карбидов сходного состава еще более обостряют проблему.

Не взирая, на огромное количество публикаций по вопросу ЭКН ИКПМ при восстановлении и упрочнении деталей машин малоисследованными остаются вопросы ЭКН ИКПМ на легированные поверхности деталей обладающих плохой и очень плохой свариваемостью, в частности на цементированные поверхности деталей.

Известны следующие методы повышения активизации процессов ЭКН ИКПМ: силовое активирование путем приложения активирующей нормальной нагрузки при прессовании ИКПМ; химическое путем введения химических веществ, способствующих массопереносу в процессе наварки в газовой фазе и таким образом способствовать ЭКН к таким веществам относят галогены, никель, бор и др.; температурное путем повышения скорости нагрева; дисперсионное путем использования ультрадисперсных порошков.

Одним из путей совершенствования микроструктуры наваренного покрытия и снятия напряжений в зоне термического влияния является термоциклическая обработка (ТЦО), которая все чаще используется, как в машиностроении, так и в ремонтном производстве [18]. ТЦО позволяет значительно повысить ударную вязкость, как самого покрытия, так и переходной зоны, существенно уменьшить негативное термическое влияние, возникающее при ЭКН ИКПМ, уменьшить зернистость, как матрицы наваренного покрытия, так и переходной зоны. ТЦО очень хорошо вписывается в предложенную технологическую структуру ЭКН ИКПМ.

Существующее оборудование для контактных методов сварки, как нельзя лучше подходит для предлагаемого метода ЭКН ИКПМ с одновременной ТЦО. Очень высокая скорость нагрева (более 50000 К/с), обеспечиваемая при ЭКН является мощным активатором процессов наваривания, что позволяет получить значительные преимущества по сравнению с традиционными методами нагрева и охлаждения детали, как в качественном, так и в экономическом аспектах. Высокоскоростной нагрев способствует снижению количества циклов для достижения необходимых результатов [18]. А поэтому исследованиям процесса восстановления у упрочнения деталей ЭКН ИКПМ с одновременной ТЦО безусловно следует уделить должное внимание.

Одной из проблем, которая была выявлена в процессе поисковых экспериментальных исследований, является формирование покрытия на концах (на торцах) зубьев шестерен. В указанной зоне покрытие на вершины зубьев шестерен не удовлетворяет тем критериям качества, которые предъявляются к такого рода покрытиям. Это объясняется неудовлетворительными условиями прессования ИКПМ в процессе ЭКН.

Известна попытка решить эту проблему путем предварительной приварки профильных зубчатых пластин на торцы шестерен с целью восстановления их по ширине, причем диаметр вершин зубчатой пластины выполнен под увеличенный

ремонтный размер (см. рис. 10). После этого производили ЭКН ИКПМ в надежде на то, что выступающие концы зубчатых пластин помогут сформировать покрытие на концах шестерен [15]. Однако надежды не оправдались из-за расплавления выступов приваренных пластин в процессе ЭКН ИКПМ.

Нами предлагается способ восстановления шестерен насосов НШ по диаметру путем ЭКН ИКПМ на основе порошка ПГ-ФБХ6-2, в состав которого в качестве упрочняющего элемента матрицы и химического активатора процесса ЭКН входит бор. В качестве упрочняющего компонента предлагается порошок КНХП-1М - плакированный никелем карбид хрома. Никель в данном порошке играет многогранную роль. Во-первых никель способствует упрочнению матрицы и увеличению ее вязкости, во-вторых никель выступает, как химический активатор процесса ЭКН, в –третьих, никель выступает как дисперсионный активатор процесса ЭКН, поскольку находится на поверхности частичек карбида бора в ультрадисперсном и очень активном состоянии [19] и в –четвертых никель находясь на поверхности частичек карбида бора резко повышает их электропроводность, что крайне важно для стабильности протекания процесса ЭКН на цементированные поверхности зубьев шестерен. Для решения проблемы формирования торцев шестерен, предлагается формировать навариваемый ИКПМ в специальных углублениях, выполненных в нижнем электроде установки. Схема восстановления шестерен насосов НШ ЭКН ИКПМ представлена на рис. 11.

Предлагаемый способ позволяет восстанавливать шестерни под увеличенный ремонтный размер, что позволяет осуществить высокоэффективный ремонт шестеренных насосов под увеличенный ремонтный размер, обеспечивающий восстановление его основных характеристик.

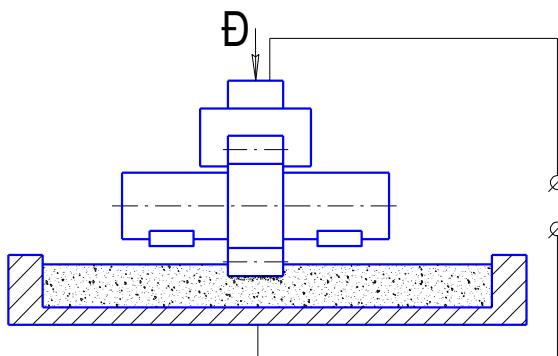


Рисунок 11 – Схема восстановления шестерен насосов НШ ЭКН ИКПМ

В настоящее время накоплен огромный объем неструктурированной информации о методах и способах ремонта и восстановления шестерен насосов НШ. Нами предложена его классификация по технологическому признаку.

Большинство известных способов восстановления и упрочнения шестерен не отвечает современным требованиям, позволяющим обеспечить восстановление ОП и КП насоса при минимальных затратах на его ремонт.

Нами предлагается способ восстановления и упрочнения шестерен ЭКН ИКПМ, позволяющий обеспечить необходимую наперед заданную твердость восстанавливаемой и упрочняемой поверхности, формировать технологическими средствами необходимые механические свойства наносимого покрытия, в частности по прочности сцепления, ударной вязкости и износостойкости; восстановить шестерни по диаметру под увеличенный ремонтный размер по диаметру, позволяющий отремонтировать насос при восстановлении его ОП и КП при минимальных затратах на восстановление корпуса и насоса в целом.

Список литературы

1. Ачкасов К.А., Вегера В.П. Ремонт приборов системы питания и гидравлической системы тракторов, автомобилей и комбайнов. - М.: Высшая школа, 1981.- 288с.
2. А. с. № 941677 (СССР) Способ восстановления шестерен гидронасосов шестеренчатого типа / С.А. Лигай, Ю.В.Крылов, И.М. Ковальчук и др.- опубл. в БИ 1982, № 25.
3. Деклараційний патент на винахід. Україна. Спосіб ремонту шестеренних гідромашини зовнішнього зацеплення 7 В23 Р 6/00 № 53960, Бюл. № 2 2003 р. Кіровоградський ДТУ/ Ю.В. Кулешков, М.І.Черновол, С.О. Магопєць, О.О. Матвієнко та ін.
4. Приспособление для восстановления шестерен гидронасосов НШ-46 и НШ-32 способом гальванического покрытия. Ремонт и техническое обслуживание машинно-тракторного парка. Реферативный сборник ЦНИИТЭИ, М.: 1974, № 4, С. 6-7.
5. Саидов Р.Б. Восстановление шестерен гидронасосов полимерно-металлическими покрытиями. Техника в сельском хозяйстве. 1985, № 10, С. 58-59.
6. Черноиванов В.И., Андреев В.П. Новые технологические процессы и оборудование для восстановления деталей сельскохозяйственной техники.- Л.: Высшая школа, 1983.- 95 с.
7. Архипов В.Е., Биргер Е.М., Теличко А.И. Лазерная наплавка деталей. Техника в сельском хозяйстве, 1984, № 6, С. 47.
8. Ковальчук Ю.М., Климин В.И., Брусенцов А.И. и др. Технология и установка для восстановления вал-шестерен гидронасосов типа НШ. Тезисы докладов на НТК стран-членов СЭВ и СФРЮ "Современное оборудование и технологические процессы для восстановления - изношенных деталей машин" ("Ремдеталь-83") М.: ЦНИИТЭИ, часть 2, С. 19-20.
9. Бисикенов А.Б. Разработка и исследование процесса восстановления давлением шестерен изношенных по торцам и толщине" зубьев. Дисс. канд. техн. наук.-Саратов, 1978.-256 с.
10. А.с. № 967643 (СССР) Устройство для восстановления деталей типа шестерен гидронасосов Жакявичус С.К., Голяк О.Л., Сопозко Ю.А. и др. - опубл. в БИ 1982, № 39.
11. Кулешков Ю.В. Технология ремонта шестеренных насосов путем восстановления его шестерен пластическим деформированием. Автореферат на соискание ученой степени канд. техн. наук. Саратов -1990. - 21 с.
12. Бисикенов А.Б. Анализ способов восстановления автотракторных шестерен. Ремонт сельскохозяйственной техники и ее надежность. Сб. научных трудов вып. 76 Саратовский СХИ, Саратов, 1976 С. 58 - 70
13. Кириллов А.В. Анализ технологических процессов восстановления зубчатых колес с неравномерным износом по длине зубьев. Ремонт тракторов и с. -х. машин. Сб. научных-трудов Саратовский СХИ, Саратов, 1982, С. 72-83.
14. Бабаев И.А. Исследование и разработка технологии восстановления деталей порошковым композиционным покрытием (на примере шестерен, насосов типа НШ). Автореферат канд. дис., М.: 1982. -18 с.
15. 15 Черновол М.И., Колесник П.К., Наливайко В.Н. Комплексное восстановление шестерен гидронасосов типа НШ. Тезисы докладов на НТК стран-членов СЭВ и СФРЮ "Современное оборудование и технологические процессы для восстановления изношенных деталей машин" ("Ремдеталь-83") - М.: ЦНИИТЭИ, 1983, ч.1, С.150-151.
16. А.с. № 1135554 (СССР). Способ нанесения покрытий из металлического порошка/ М.И. Черновол, П.К. Колесник, Ю.В. Кулешков, и др. Опубликовано 23.01.85 г. БИ № 3.
17. Поляченко А.В., Бабаев И.Л. Восстановление шестерен - гидронасосов. Экономика и организация производства. Научно-технический реферативный сборник. М.: ЦНИИТЭИ, 1981, № 6, С. 13-14.
18. Федюкин В.К., Смагоринский М.Е. Термоциклическая обработка металлов и деталей машин. – Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1989.- 255 с.
19. Черновол М.И. Технологические основы восстановления деталей сельскохозяйственной техники композиционными покрытиями. Дисс. докт. техн. Наук, Кировоград, 1992 г. - 501 с.

У статті запропонований принцип класифікації способів відновлення шестірень насосів НШ по технологічному принципу. Запропоновано спосіб, що дозволяє удосконалити відновлення шестірень електроконтактним наварюванням зносостійких композиційних порошкових матеріалів

In the article principle of classification of methods of renewal of cog-wheels of pumps of $\dot{I}\ddot{O}$ is offered on technological principle. A method allowing to perfect renewal of cog-wheels by the elektrokontaktnym welding on of wearproof compositions powder-like materials is offered

Получено 27.07.05