

Результати аналізу та наведених вище розрахунків можуть бути використані в конструкціях теплообмінних пристроїв для ефективного застосування енергозощаджувальних технологій, що стосуються зменшення витрат природного газу на всіх теплогенеруючих підприємствах, які обладнані турбінними установками.

## Список літератури

1. Б.Б. Кришкін. Розробка енергозощаджувальних процесів спалювання газу в теплоенергетичних пристроях промислових підприємств //Тези доповідей Першої Міжнародної науково-технічної конференції «Машинобудування та металообробка – 2003». – Кіровоград:КДТУ, 2003. - С.124-125.
2. С.В. Пономарёв, С.В. Мищенко, А.В. Дивин. Теоретические и практические аспекты теплофизических измерений. Тамбов. Изд-во Тамб.гос. техн. ун-та. 2006. - 216 с.
3. <http://koledj.ru/docs/index-7020.html>. Марченко В.М. Элементы расчёта теплообменных аппаратов тепловых электростанций.

**Boris Kryshkin**

*Kirovograd state national university*

### **The analysis of possible steel tubes gas heat vapour emissivity during of natural gas recuperative heating**

In the article the method of determination of possibility of seepage of aquatic steams is described from internal space of recuperative heat-exchange vehicles which can be used for heating of natural gas on thermal power-stations.

It is rotined that at the existent modes of heating of natural gas the danger of penetration of water steams through the layer of metallic seamless pipe absents practically.

The method of estimation can be used for planning of tubular recuperators

**warm, recuperator, pipe, gas-penetrability, diffusion, speed, temperature**

Одержано 23.04.14

**УДК 621.791.927.5: 621.787.4**

**М.В. Красота, доц., канд. техн. наук, И.В. Шепеленко, доц., канд. техн. наук, А.А. Матвиенко, доц., канд. техн. наук, Аль Соодани Салем М. Муташаир, доц., канд. техн. наук**

*Кировоградский национальный технический университет*

## **Анализ эффективности существующих и перспективных методов обработки деталей с покрытиями**

В статье рассмотрены основные методы обработки деталей с покрытиями, полученными методами наплавки, напыления и наварки. Проанализированы достоинства и недостатки этих методов, определены области применения. Установлены тенденции применения механических видов обработки покрытий, находящихся в нагретом состоянии. Выполнен анализ научных работ в направлении механической обработки покрытий в горячем состоянии.

**наплавка, напыление, наварка, шлифование, резание**

© М.В. Красота, И.В. Шепеленко, А.А. Матвиенко, Аль Соодани Салем М. Муташаир, 2014

**М.В. Красота, доц., канд. техн. наук, І.В. Шепеленко, доц., канд. техн. наук, О.О. Матвієнко, доц., канд. техн. наук, Аль Соодані Салем М. Муташайр, доц., канд. техн. наук**

*Кіровоградський національний технічний університет*

### **Аналіз ефективності існуючих та перспективних методів обробки деталей з покриттями**

В статті розглянуті основні методи обробки деталей з покриттями, отриманими методами наплавлення, напилювання і наварювання. Проаналізовані переваги та недоліки цих методів, визначені галузі застосування. Встановлені тенденції застосування механічних видів обробки покриттів, що знаходяться в нагрітому стані. Виконаний аналіз наукових робіт в напрямку механічної обробки покриттів в гарячому стані.

**наплавлення, напилювання, наварювання, шліфування, різання**

**Постановка проблеми.** Развитие современного машиностроения неразрывно связано с обеспечением повышения надежности и долговечности деталей машин, широким использованием новых прогрессивных технологий их изготовления и ремонта, а также снижением энерго- и материалоемкости производства.

В этой связи огромное значение имеет обеспечение защиты деталей и конструкций от износа на стадии проектирования, технологической подготовки и эксплуатации методами модифицирования поверхностей и нанесения покрытий.

На сегодняшний день наиболее эффективными, экономически выгодными и активно развивающимися технологическими методами нанесения покрытий являются наплавка, напыление и наварка. Однако применение покрытий за счет ряда специфических свойств, сдерживается в связи с недостатком научно обоснованных рекомендаций по их производительной и качественной механической обработке.

Применение износостойких покрытий при упрочнении и восстановлении деталей машин способствует повышению их надежности, но при этом ограничивается трудностью их механической обработки в холодном состоянии. Как правило, нанесенные покрытия обладают высокой твердостью и неравномерным распределением её по длине детали, неоднородностью структуры, большой высотой выступов и впадин наплавленного слоя (0,5...0,9 мм).

В соответствии с вышеизложенным, не только целесообразным, но и весьма перспективным направлением повышения эффективности упрочнения и восстановления изношенных цилиндрических деталей машин является разработка технологий обработки износостойких покрытий.

**Цель работы.** Целью данной работы является анализ существующих и перспективных технологий обработки износостойких покрытий.

**Результаты исследований.** Анализ способов механической обработки наплавленного металла показал, что на ремонтных предприятиях обработку наплавленного металла деталей в основном производят такими методами, как точение, фрезерование и шлифование и др.

Существующие технологии обработки детали, восстанавливаемые наплавкой, в зависимости от твердости слоя и величины припуска можно разделить на три группы (рис. 1) [1].

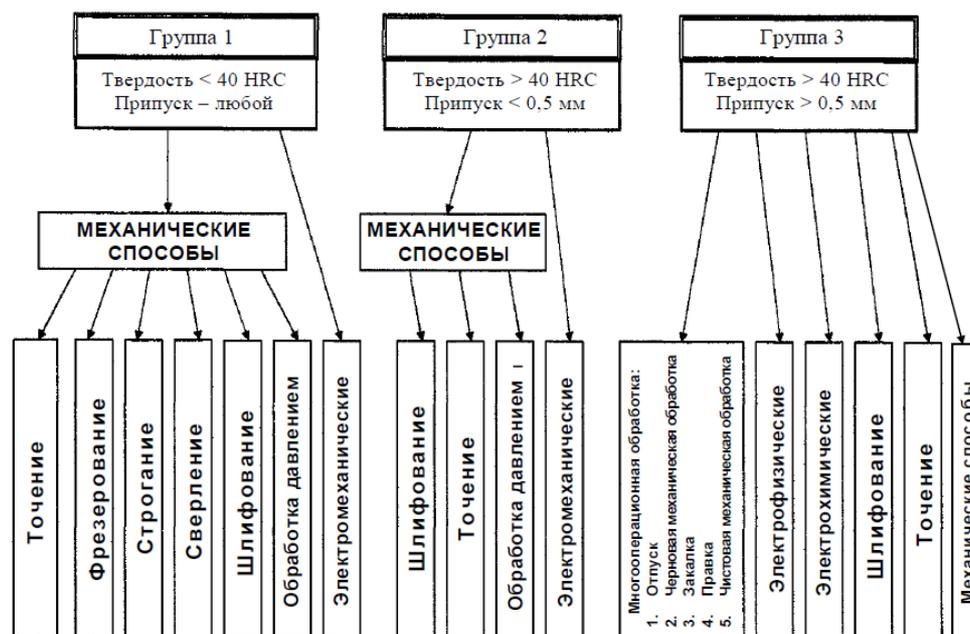


Рисунок 1 - Методы обработки наплавленных поверхностей в зависимости от их твердости

Обработка деталей 1 группы наименее сложна, поэтому для таких деталей возможно применение большинства существующих технологических методов. Обработка деталей групп 2 и 3 затруднительна вследствие необходимости снимать слой высокой твердости, неоднородный по химическому и структурному составу, с высокой макронеровностью.

Как видно из рис. 1, наиболее распространенными технологиями обработки деталей с покрытиями являются методы обработки резанием (точение, фрезерование, шлифование), обработка давлением, электрофизические и электрохимические методы.

*Обработка покрытий точением.* Обработка наплавленных слоев точением исследуется в работах [2-8 и др.].

В работе С.А. Клименко [3] рассмотрены вопросы обработки резанием деталей с наплавленными и напыленными покрытиями режущими инструментами, оснащенными твердыми сплавами и поликристаллическими сверхтвердыми материалами на основе кубического нитрида бора. Перспективными методами обработки износостойких покрытий являются точение инструментом из твердых сплавов (ТС) и с поликристаллическими сверхтвердыми материалами (ПСТМ) на основе кубического нитрида бора (КНБ). Режущие инструменты, оснащенные ПСТМ на основе КНБ, эффективно обрабатывают наплавленные и напыленные покрытия твердостью 40–60 HRC и на чистовых операциях позволяют получать обработанную поверхность с шероховатостью  $Ra$  0,2–1,0 мкм.

Исследования, проведенные автором, показали, что широкие технологические возможности при формообразовании поверхностей деталей с покрытиями имеют гибридные методы обработки резанием, основанные на обеспечении режущему инструменту дополнительной степени свободы движения и введении в зону резания дополнительного энергетического воздействия - точения ротационным инструментом в холодном состоянии и с предварительным нагревом срезаемого слоя плазменной дугой, точение с наложением высокочастотных колебаний на режущий инструмент.

Ю. Б. Борисовым [5] исследованы вопросы износа резцов из твердого сплава при обработке металла, наплавленного дуговой электросваркой, и установлено, что износ

инструмента при обработке наплавленного слоя даже невысокой твердости более интенсивен по сравнению с износом при обработке сталей и чугунов. Увеличение износа инструмента объясняется наличием в наплавленном слое значительного количества нитридов, окислов железа, шлаков, пор и трещин, что приводит к увеличению как абразивного, так и других видов износа.

Д. Д. Медведевым [6] рассмотрены вопросы установления допустимого износа, выбора марки твердого сплава и определения геометрических параметров твердосплавных резцов при точении валов, наплавленных электродами ЦН-350 в два слоя продольными швами.

Так как условия работы резцов при точении металла, наплавленного продольными швами и по винтовой линии, существенно различаются, то результаты, полученные в [7], не могут быть использованы для практического внедрения при обработке металла, наплавленного большинством современных автоматических способов.

В [8] приведены результаты исследования оптимальных режимов резания при точении металла различной твердости, наплавленного вибродуговым способом, при восстановлении деталей горношахтного оборудования. Однако в работе отсутствуют сведения о допустимом износе и нормах стойкости резцов. Это не позволяет произвести оценку эффективности предложенных рекомендаций и выбрать экономический период стойкости резца. Указанные обстоятельства затрудняют практическое использование результатов работы.

В [9] определены оптимальные геометрические параметры только твердосплавных резцов: рациональные материалы режущей части резцов, оптимальные режимы резания при черновом и полуклещевом точении деталей, восстановленных автоматической наплавкой и осталиванием.

Ю. Г. Кудрявцевым [10] установлено, что для обработки поверхностей, наплавленных вибродуговым способом, целесообразна двухстадийная обработка. При первом проходе снимается корка наплавленного металла резцами с напайками из твердого сплава типа ВК8, после чего обработку целесообразно осуществлять минералокерамическими резцами из сплава ЦМ-332. В [11] доказано, что преобладающим при обработке наплавленного слоя является абразивно-механический износ, и обосновывается целесообразность применения минералокерамического инструмента.

Однако в связи с тем, что наплавленный металл обладает пористостью, трещиноватостью и наличием инородных включений по глубине слоя, использование минералокерамических резцов даже на чистовом проходе связано с усиленным выкрашиванием режущей части из-за низкой ударной вязкости минералокерамики.

Б. Ю. Борисовым [5] оптимизирован выбор режимов резания, геометрии и марки материала твердосплавных резцов для точения поверхностей деталей, наплавленных автоматическим электродуговым способом под слоем флюса, в среде углекислого газа и в водяном паре.

Однако рекомендации [5] при точении вибродуговой наплавкой могут быть нерациональными вследствие существенного различия физико-механических свойств слоев металла, наплавленного различными способами.

Для точения наплавленного слоя высокой твердости геометрические параметры режущей части резцов следует назначать исходя из особенностей физико-механических свойств слоя.

Следовательно, геометрия резцов для точения наплавленного слоя должна обеспечить:

- возможно большую механическую прочность режущих кромок в условиях работы с переменной силой резания;
- хороший отвод тепла из зоны резания;
- уменьшение давления на задние грани.

Практический опыт изготовления деталей с наплавленными и напыленными покрытиями показывает, что их обработка резанием сопровождается высокими силами, температурами в зоне резания, интенсивным изнашиванием режущего инструмента. При обработке покрытий существенно затруднено формирование состояния поверхностного слоя детали, обеспечивающего их повышенную работоспособность в эксплуатации – на обработанной поверхности низкой шероховатости, а в поверхностном слое отсутствие структурно-фазовых превращений и создание сжимающих остаточных напряжений.

При точении у резцов происходит затупление режущей кромки, из-за чего глубина резания уменьшается к концу прохода, поверхность характеризуется наличием зон вырывания межваликовых выступов, волнистостью с углублениями, которые являются результатом отжима резца от детали. Это является следствием того, что в наплавленном металле присутствуют твердые шлаковые включения, представляющие собой окислы металлов ( $MnO$ ,  $FeO$ ,  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ ) или соединения нескольких окислов, повышающих истирающие свойства наплавленного металла. В результате чего стойкость режущего инструмента понижается, что влечет за собой уменьшение скорости резания, а следовательно, и производительности процесса. Применение заниженных скоростей резания способствует интенсивному наростообразованию на режущих кромках инструмента, повышению шероховатости обработанной поверхности, образованию трещин и надрывов, которые приводят к понижению качества восстанавливаемых деталей.

Низкая обрабатываемость резанием покрытий является следствием неоднородной структуры и нестабильных механических свойств, большой истирающей способности карбидных и боридных включений, склонности к адгезии с материалом инструмента и ряда других факторов.

В отличие от монолитных материалов, покрытия, как правило, имеют: – повышенную хрупкость; – различную твердость по поверхности и по глубине; – неоднородный химический состав по сечению; – большое количество составляющих микроструктуры (карбиды, бориды, интерметаллиды и другие частицы высокой твердости); – значительную пористость. Это приводит к тому, что силы резания, действующие при обработке, имеют переменный характер, а температура резания покрытий превышает температуру при обработке монолитных материалов идентичного состава. Эти явления приводят к интенсификации износа инструмента.

При обработке наплавленного слоя точением твердосплавными и минералокерамическими резцами можно достичь только шероховатости поверхности  $Ra = 1,5...2,5$  мкм и обеспечить точность размера не выше 11...12 квалитетов [10]. Поэтому, с целью достижения меньшей шероховатости ( $Ra = 0,8...2$  мкм) и большей точности размеров восстанавливаемой детали (6...9 квалитетов), в настоящее время на ремонтных предприятиях чаще всего применяют абразивное шлифование.

*Фрезерование.* Фрезерование, в отличие от точения и шлифования, характеризуется большей производительностью процесса, а также способствует появлению благоприятных сжимающих напряжений в поверхностном слое металла. Но в результате фрезерования нанесенных покрытий цилиндрических деталей на поверхности образуются значительная огранка, волнистость, получается низкий класс

шероховатости, поэтому фрезерование рекомендуется применять только для черновых и обдирочных операций.

*Обработка покрытий шлифованием.* Наибольшее распространение при обработке наплавленных поверхностей получило абразивное шлифование, несмотря на присущие ему недостатки. В [11] изложены методики выбора характеристики круга для обработки конкретного материала и получения требуемой шероховатости поверхности и точности размера. Однако разработанные рекомендации не всегда могут быть использованы при шлифовании поверхностных слоев, восстановленных наплавками, физико-механические свойства которых существенно отличаются от свойств обычных углеродистых и легированных сталей.

Г. М. Зильберманом [9] установлены особенности абразивного шлифования поверхностей, восстановленных наплавкой, а именно - влияние твердости и зернистости круга на коэффициент режущей способности и шероховатость обработанной поверхности. Доказано [13], что применение абразивного шлифования для обработки высокотвердых наплавленных поверхностей ограничивается из-за значительного удельного износа абразивных кругов, достигающего 100 % и более от объема снятого металла. С увеличением твердости круга удельный вес уменьшается, однако при этом увеличивается радиальная сила, что приводит к появлению на поверхности микротрещин на глубину до 0,6 мм при шлифовании на режимах с повышенными параметрами.

Исследование обрабатываемости наплавленных поверхностей шлифовальными кругами различных характеристик, в том числе и из новых износостойких абразивных материалов [14], показало низкую эффективность шлифования наплавленных поверхностей по всем показателям процесса. Так, по сравнению с обрабатываемостью нормализованной стали 45 обрабатываемость слоя металла, наплавленного вибродуговым способом проволокой Нп-65Г, хуже: по износу шлифкруга в 15–35 раз, по удельной производительности – в 10–40 раз. Кроме того, в деформированном поверхностном слое в результате термического воздействия увеличиваются остаточные напряжения растяжения, величина которых может достигнуть 588 МПа и выше [15].

При шлифовании высокотвердых наплавленных слоев металла, по мнению авторов [16], ухудшается качество поверхностного слоя, что отрицательно сказывается на долговечности обрабатываемых деталей.

С применением шлифования связано появление в деталях прижогов, трещин и вредных растягивающих напряжений [17]. Подбор оптимальных режимов шлифования и характеристик инструмента не позволяет полностью исключить дефекты, возникающие в поверхностном слое. Это вызвано погрешностями от предыдущих операций механической обработки, колебаниями шпинделя от неуравновешенности шлифовального круга и наличия других дефектов, зависящих от природы самого процесса шлифования [18, 19]. Нагревание поверхностного слоя металла в процессе шлифования изменяет характер протекания пластической деформации металла, его механические свойства, микроструктуру и напряженное состояние, что накладывает значительный отпечаток на весь процесс образования поверхностного слоя. При этом структурные изменения в металле вызванные наличием высоких температур внешне характеризуются прижогами. Так же на поверхности деталей после шлифования часто наблюдаются трещины вызванные действием остаточных внутренних напряжений.

*Обработка давлением (поверхностно-пластическое деформирование).* Поверхностно-пластическим деформированием (ППД) можно существенно изменить геометрические параметры поверхности, структуру и свойства нанесенных покрытий.

Отсутствие прижогов и микротрещин в покрытиях после обработки ППД является важным показателем, определяющим долговечность упрочненной детали.

В работах [20, 21] исследована возможность применения метода ППД до и после наплавки. Предварительное поверхностное пластическое деформирование перед точением вызывает увеличение твердости поверхностного слоя покрытия, глубиной 1,0...1,3 мм с HRA 48...53 до HRA 54...62. Шероховатость после токарной обработки снижается на 30 %, достигая  $Ra=0,4$  мкм, что доказывает влияние предварительного пластического поверхностного деформирования на процесс формирования микрогеометрии поверхности при последующей обработке резанием. Применяемое после точения, поверхностное пластическое деформирование снижает шероховатость поверхности до  $Ra=0,06...0,24$  мкм. Твёрдость поверхности увеличивается с HRA 48...53 до HRA 54...62.

Кроме повышения микро- и макрогеометрических показателей, методы ППД способствуют упрочнению наплавленных покрытий и снижению усталостной прочности. Повышение долговечности и выносливости изделий достигается созданием оптимальных полей остаточных напряжений в теле деталей.

Недостатком методов ППД являются значительные усилия, прикладываемые к деформирующему элементу, а также невозможность обработки хрупких покрытий.

#### *Многостадийная обработка.*

Применение многостадийной обработки экономически нецелесообразно из-за дополнительных термических операций и межоперационных перемещений восстанавливаемых деталей.

#### *Электрохимические и электрофизические методы обработки.*

Электрохимические и электрофизические методы в достаточной мере оправдывают себя при обработке труднообрабатываемых восстанавливаемых деталей сложной конфигурации, громоздких размеров и т. п., т. к. обладают определенными достоинствами, такими как возможность обработки деталей сложной формы без силового воздействия инструмента на деталь, возможность получения высокой точности и малой шероховатости обработки, использование электрической энергии с высоким КПД и др. Однако им присущи и следующие недостатки, имеющие существенное значение при внедрении этих методов на ремонтных предприятиях:

- необходимость использования сложного дорогостоящего оборудования;
- коррозионное воздействие электролитов на металлические части станков;
- необходимость дополнительного переоборудования обычных станков для механической обработки;
- дополнительное потребление электрической энергии;
- токсическое воздействие паров электролита на организм человека [1].

Наиболее сложна механическая обработка высокотвердых поверхностей (твердость выше 40 HRC).

Особенности строения высокотвердых наплавленных поверхностей существенно отличают процесс их обработки от процесса обработки закаленных стальных поверхностей с постоянным припуском на обработку. Наличие в наплавленном слое неметаллических включений способствует быстрому истиранию инструмента при механической обработке, а значительная макронеровность поверхности, трещины и раковины, имеющиеся в слое, вызывают выкрашивание инструмента вследствие ударных нагрузок [10].

Таким образом, для обработки твердых покрытий (группа 3, рис. 1) традиционные методы обработки резанием, шлифованием электрофизической и электрохимической обработки не всегда являются эффективными.

*Перспективные технологии обработки деталей с твердыми покрытиями.* Актуальным направлением является разработка ресурсосберегающей технологии упрочнения и восстановления изношенных цилиндрических деталей машин за счет совмещения в единой технологической схеме процессов нанесения покрытия (наплавки, напыления, наварки) с методами резания и последующего шлифования еще не остывшего нанесенного слоя металла.

Автором [22] предложена технология, которая позволяет совмещать в единой технологической схеме процессы электродуговой наплавки под слоем легирующего флюса с одновременным фрезерованием и последующим шлифованием горячего наплавленного металла.

В данной работе установлено, что при шлифовании горячего наплавленного металла мягкими кругами силы резания уменьшаются в 2...3 раза по сравнению со шлифованием холодного наплавленного металла на тех же режимах, износ шлифовальных кругов уменьшается в 2...4 раза, а производительность повышается в 1,5...3,5 раза. Шероховатость поверхности при обработке детали в горячем состоянии, измеренная вдоль детали, составляет 8...10 мкм. В наплавленном металле исчезают шлифовальные трещины, которые наблюдаются при шлифовании наплавленного металла в холодном состоянии.

Также, установлено, что фрезерование и шлифование горячего наплавленного металла не ухудшает, а способствует улучшению структуры наплавленного металла. По длине детали структура наплавленного металла получается более однородна. Разработанный метод обработки обеспечивает повышение износостойкости, а также создание благоприятных сжимающих напряжений, которые способствуют повышению усталостной прочности упрочненных или восстановленных деталей.

Авторами работ [23] рассматривалась возможность обработки ППД деталей с покрытиями, полученными контактной наваркой металлических порошков.

Обработка производилась с целью уменьшения припуска на механическую обработку и улучшения макрогеометрических показателей поверхности.

Суть предложенного метода состояла в том, что на поверхность детали наносится припекаемый металлический порошок, который подается под электрод-ролик машины для контактной наварки. В результате последовательного пропускания импульсов тока длительностью 0,08 с выполнялось нагревание порошка до температур порядка 1200 °С и приварка его к детали.

Авторами было предложено выполнять ППД в одном технологическом цикле с наваркой, т.е. использовать тепло, накопленное деталью при нагревании припекаемого покрытия и производить обкатку сразу же после наварки, пока покрытие находится в пластическом состоянии.

Установлено, что в покрытии после наварки в течение 1...1,5 с сохраняется температура не менее 0,6Тпл (температуры плавления порошка), что является достаточным для термомеханической обработки покрытия.

Покрытия, полученные по предложенной технологии, характеризуются шероховатостью не более Ra 1,6...3,2 мкм; снижается радиальное биение, что позволяет значительно уменьшить припуск на дальнейшую механическую обработку, уменьшается волнистость покрытий. Исследования микроструктур показали отсутствие микротрещин и других дефектов. Снижения прочности сцепления покрытий не наблюдалось.

#### **Выводы.**

1. Применение износостойких покрытий при упрочнении и восстановлении деталей машин способствует повышению их долговечности, но при этом

ограничивается трудностью их механической обработки в холодном состоянии. Как правило, нанесенные покрытия обладают высокой твердостью и неравномерным распределением её по длине детали, неоднородностью структуры, большой высотой выступов и впадин нанесенных слоев (0,5...0,9 мм).

2. Наиболее распространенные технологии обработки деталей с покрытиями, которые применяются на сегодняшний день в машиностроении - обработка резанием (точение, фрезерование, шлифование), обработка давлением, электрофизические и электрохимические методы имеют ряд недостатков и не всегда являются целесообразными.

3. Для деталей, имеющих твердость покрытий выше 40 HRC перспективно использование технологий обработки методами резания (шлифование, точение) и ППД с использованием остаточного тепла после наплавки, напыления или наварки. Обработка покрытий в нагретом состоянии позволяет снизить силы резания, повысить производительность обработки при одновременном повышении параметров качества обрабатываемых поверхностей.

### Список литературы

1. Галямин В. Д. Исследование электроабразивной обработки наплавленных поверхностей автотракторных деталей при их ремонте: Автореф. дис. канд. техн. наук / Галямин В. Д. – Челябинск, 1973. – 27 с.
2. Ангелло Г. И. Основные показатели качества поверхностного слоя наплавленных деталей, обработанных резцами из эльбора-Р // Технология и организация ремонта машин: Сб. науч. тр. / Ангелло Г. И. – Челябинск: ЧИМЭСХ, 1976. – Вып.116. – С. 83–88.
3. Клименко С. А. Обработка резанием деталей с покрытиями/Клименко С.А., Коломиец В.В., Хейфец М.Л., Пилипенко А.М., Мельничук Ю.А., Бурыкин В.В. Под общей редакцией С. А. Клименко. – К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2011. – 353 с.
4. Кожуро Л.М. Обработка износостойких покрытий /Кожуро Л. М., Мрочек Ж. А., Хейфец М.Л. и др. – Мн.: Дизайн ПРО, 1997. – 208 с.
5. Борисов Ю. Б. Исследование и оптимизация параметров обрабатываемости точением наплавленных деталей, восстанавливаемых в условиях ремонтных предприятий: Автореф. дис. канд. техн. наук/Борисов Ю. Б. – Л., 1975. – 23 с.
6. Медведев Д. Д. Резцы для обработки наплавленного металла // Станки и инструмент/Медведев Д. Д. – 1960. – № 12. – с. 9–11.
7. Николаева Г. С. Исследование обработки деталей железнодорожного подвижного состава резцами новой конструкции: Автореф. дис. ... канд. техн. наук/Николаева Г. С. – Челябинск, 1966. – 23 с.
8. Шилов П. И. Исследование некоторых вопросов вибродуговой наплавки для восстановления изношенных деталей угледобывающих машин. Автоматическая вибродуговая наплавка/Шилов П. И., Фролов К. В., Демидович Н. С. – Челябинск: Челяб. рабочий, 1960. – 44 с.
9. Зильберман Г. М. Вопросы обработки деталей, восстановленных автоматической наплавкой и осталиванием // Тр. ПСХИ, В. О. «Россельхозтехника» / Зильберман Г. М., Мальцев Г. М. – Пермь, 1971. – С. 6–9.
10. Кудрявцев Ю. Г. Исследование точения твердосплавными и минералокерамическими резцами слоя, наплавленного вибродуговым способом: Автореф. дис. канд. техн. наук / Кудрявцев Ю. Г. – Челябинск, 1967. – 19 с.
11. Кудасов Г. Ф. Влияние некоторых параметров характеристики абразивного инструмента на его шлифующую способность. Высокопроизводительное шлифование / Кудасов Г. Ф. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – С. 33–36.
12. Полонський Л. Г. Особливості точіння газополумєневих порошкових покриттів інструментами із кібориту: Дис. к.т.н. / Полонський Л. Г. – К.: ІНМ АН України, 1992. – 184 с.
13. Кондратьев А. Б. Результаты исследования и опыт внедрения скоростного шлифования металлов. Основные вопросы высокопроизводительного шлифования / Кондратьев А. Б. – М.: Машиностроение, 1960. – 96 с.
14. Меламед В. И. Обрабатываемость наплавленных поверхностей шлифованием // Тр. ЧИМЭСХ. – Вып. 109/Меламед В. И., Ангелло Г. Н. – 1975. – С. 15–21 с.

15. Шальнов В. А. Шлифование и полирование высокопрочных материалов/Шальнов В. А. – М.: Машиностроение, 1972. – 215 с.
16. Ткачев В. Б. Методы повышения долговечности деталей машин / В. Б. Ткачев, Б. М. Фиштейн, В. Д. Власенко, В. А. Уланов. – М.: Машиностроение, 1971. – 270 с.
17. Шоршов М.Х. Металловедение сварки стали и сплавов титана / М.Х. Шоршов. – М.: Наука, 1965. – 301 с.
18. Якимов, А.В. Оптимизация процесса шлифования / А.В. Якимов. – М.: Машиностроение, 1975. – 85 с.
19. Филд, М.Д. Повышение эффективности процесса шлифования твердых сплавов / М.Д. Филд – М.: Машиностроение, 1971. – 62 с.
20. Федоров В.А. Технологическое обеспечение качества поверхностного слоя деталей машин с плазменными бронзовыми покрытиями. Дис. канд. техн. наук./Федоров В.А. Барнаул, 2002. -152 с.
21. Бохан С.Г. Повышение качества цилиндрических деталей с газотермическими покрытиями методом поверхностного пластического деформирования. Дис. канд. техн. наук / Бохан С.Г.- Минск, 1984. – 246 с.
22. Фисенко К.С. Повышение эффективности восстановления цилиндрических деталей машин за счет совмещения процессов наплавки и механической обработки. Автореф. дис. канд. техн. наук, Ростов-на Дону, 2013. – 25 с.
23. Лопата Л.А. Поєднання процесів електроконтактного припикання порошків і теплового пластичного деформування // Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту і експлуатації автомобілів /Лопата Л.А., Красота М.В. – Київ, НТУ, 2001. – вип. 12, с. 73-79.

**Mykhailo Krasota, Ihor Shepelenko, Oleksander Matvienko, Al Soodani Salem M. Mutashair**

*Kirovohrad National Technical University*

#### **The analysis of Efficiency of Current and Perspective Methods of Treatment of Parts with Coverings**

Application of wear-proof coverings while hardening and renewal of machine parts facilitates the increase of their reliability but at the same time it makes their treatment in cold working more complicated. Coverings have high level of hardness and its uneven distribution in the length of a part, a heterogeneous structure, a big height of lugs and cavities of the hard-facing layer.

The objective of the work is to analyse current and perspective technologies of treatment of wear-proof coverings.

The research has been done on most extensive treatment technologies of covered parts which are used in machine building today. They include cutting treatment (turning, milling, grinding), shaping, electro-physical and electrochemical methods. It was defined that they have a range of disadvantages and are not always efficient.

Parts that have covering hardness more than 40 HRC can be effectively treated using the technologies of treatment of cutting methods such as grinding and turning of upper plastic deformation using residual heat after hard facing, spraying or welding on. Treatment of coverings in heated conditions allows decreasing cutting force and increasing productivity of treatment and improving parameters of quality of treated surfaces.

**welding, spraying, grinding, cutting**

Одержано 17.01.14