

properties of the structure of the iron-carbon alloys subgrain level similar to the role of dislocations and other defects at the atomic level. Therefore, the structure of fullerene stability control, which controls the reliability of their work in the operation, management-related content of fullerenes in steel by different processing methods, such as thermal influences of various nature.

According to the results of multifractal parameterization of structures of iron-carbon alloys, found mainly in the formation of fullerenes nonequilibrium conditions (laser processing conditions), and their number depends on the specific heat treatment.

The methods of identification of fullerenes in steel and iron samples. Experimentally investigated the distribution of fullerenes on the section of the sample subjects thermal laser treatment and cementation in different ways. A correlation was found in the location of the extrema content of fullerenes and microhardness values that affect the formation of the structure of alloys and their physical and mechanical properties, as well as part of the carbon in the form of energy dissipation, along with well-known adaptation of structures.

Substantiated mechanism of fullerene formation in iron-carbon alloys, using a process of fractionation of carbon atoms and iron, and structure of iron-carbon alloys, as well as the potential of pairwise interaction.

**iron-carbon alloys, fullerenes, structural and phase transformations, methods of identification, fractionation, grouting, micro-hardness, self-organization**

Одержано 08.02.16

**УДК 621.891.539.375.6**

**М.И.Черновол, проф., д-р техн. наук, И.В.Шепеленко, доц., канд. техн. наук, Будар Мохамед Р.Ф., асп.**

*Кировоградский национальный технический университет, г. Кировоград, Украина,  
E-mail: ivsepenko@mail.ru*

## Повышение качества финишной обработки отверстий

В статье представлен анализ путей повышения качества обработки отверстий, а также роль финишных операций при этом. Указаны особенности финишной обработки отверстий. Выполнен обзор существующих методов финишной обработки отверстий и их влияние на параметры качества поверхности. Направление по совершенствованию существующих технологий за счет возможностей комбинированной обработки представлено как наиболее актуальное.

**качество, финишная обработка, отверстие, комбинированная обработка**

**М.І. Черновол, проф., д-р техн. наук, І.В.Шепеленко, доц., канд. техн. наук, Будар Мохамед Р.Ф., асп.**

*Кіровоградський національний технічний університет, м.Кіровоград, Україна*

**Підвищення якості фінішної обробки отворів**

У статті представлений аналіз шляхів підвищення якості обробки отворів, а також роль фінішних операцій при цьому. Вказані особливості фінішної обробки отворів. Виконаний огляд існуючих методів фінішної обробки отворів та їх вплив на параметри якості поверхні. Напрямо з вдосконалення існуючих технологій за рахунок можливостей комбінованої обробки представлений як найбільш актуальний.

**якість, фінішна обробка, отвір, комбінована обробка**

**Постановка проблемы.** Современные тенденции в производстве и эксплуатации сельскохозяйственных машин и механизмов направлены на существенное улучшение их эксплуатационных свойств, в том числе за счет

© М.И.Черновол, И.В.Шепеленко, Будар Мохамед Р.Ф., 2016

повышения качества рабочих поверхностей детали [1]. Параметры качества поверхности, определяющие ее эксплуатационные свойства, формируются на протяжении всего технологического процесса, однако наибольшее влияние оказывают финишные операции, исследованию которых всегда уделялось большое внимание. Именно на финишные операции возлагаются задачи по обеспечению требуемого качества поверхностного слоя. От качества самой финишной обработки во многом зависят важные показатели машин и механизмов – работоспособность, надежность, долговечность и другие технико – экономические и механические характеристики, а также процесс приработки поверхностей трения деталей [2].

Связь характеристик качества поверхностного слоя с эксплуатационными свойствами деталей свидетельствуют о том, что оптимальная (с точки зрения повышения эксплуатационных свойств деталей) поверхность должна быть достаточно твердой, иметь сжимающие остаточные напряжения, мелкодисперсную структуру, сглаженную форму микронеровностей с большой площадью опорной поверхности [3].

Совершенствование существующих и создание новых технологических методов обработки должны быть направлены на улучшение качества рабочих поверхностей за счет получения оптимальных эксплуатационных свойств деталей машин.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Для повышения долговечности деталей машин необходимо на их изнашивающихся поверхностях создавать упрочненные слои с высокими физико-механическими свойствами. При этом для наружных поверхностей такие технологические методы разработаны более полно [4]. А для внутренних, на долю которых приходится до 60% всех изнашивающихся поверхностей, в связи с их труднодоступностью, технологий обработки, обеспечивающих длительную безизносную работу изделий, разработано недостаточно [5-7].

Признано, что обработка внутренних цилиндрических поверхностей всегда была более сложным процессом, чем обработка наружных цилиндрических поверхностей [8]. Во многом это связано «закрытостью» отверстий, а также с трудностями ориентации инструмента относительно обрабатываемой поверхности, наблюдения за процессом обработки, измерения и контроля микрогеометрии и размеров, использованием более сложной конструкции инструмента и другими особенностями. Как следствие, из всех цилиндрических поверхностей деталей различного назначения, применяемых в машиностроении, наиболее трудоемкими и сложными в обработке являются отверстия.

Одним из направлений повышения качества отверстий является совершенствование их обработки на финишных операциях.

**Постановка задачи.** Целью данной работы является анализ существующих методов финишной обработки отверстий и их влияние на параметры качества поверхности.

**Изложение основного материала.** Рациональный выбор финишной операции технологического процесса изготовления или восстановления внутренней цилиндрической поверхности имеет важное значение при формировании качественных показателей деталей, их надежности и долговечности. Выбор того или иного метода обработки отверстия зависит от его размеров и точности, свойств материала заготовки, требований к качеству поверхностного слоя и производительности, а также рентабельности самого метода [9].

Существующие методы финишной обработки позволяют обеспечить необходимую точность, однако не всегда обеспечивают необходимую износостойкость поверхностного слоя.

В результате механической обработки поверхности деталей приобретают технологический рельеф, характеризуемый макрогеометрией, волнистостью и микрогеометрией [10].

Тонкое растачивание применяется как метод окончательной обработки и позволяет достигнуть высокой точности (5-6 квалитет) при шероховатости поверхности  $Ra=0,01...0,32$  мкм [11].

Использование шлифования в качестве финишной операции дает возможность получить поверхность по 5-7 квалитету точности с шероховатостью поверхности  $Ra=0,08...1,25$  мкм [9].

Хонингование обеспечивает получение высокой точности размеров, геометрической формы и малой шероховатости обработанной поверхности. Параметр шероховатости поверхности  $Ra=0,4...0,8$  мкм надежно обеспечивается одной операцией хонингования. Для чистового хонингования с получением параметра шероховатости поверхности  $Ra=0,1...0,2$  мкм и выше следует применять алмазные бруски [12]. При достижении более высокого класса шероховатости поверхности в значительной степени уменьшается производительность обработки за счет изменения величины продольной подачи, а применение мелкозернистых брусков ведет к быстрому засаливанию.

Однако широкое применение хонингования при обработке отверстий сдерживаются следующими недостатками:

- получение высокого класса шероховатости связано с большой трудоемкостью и низкой производительностью;
- обработка выполняется за несколько операций, брусками различной зернистости;
- шаржирование поверхности абразивными зернами;
- микропрофиль поверхности характеризуется наличием острых гребешков.

Использование полирования позволяет достигнуть снижения параметров шероховатости без устранения отклонения формы деталей. При окончательном полировании лентами зернистостью 16...8 параметр шероховатости -  $Ra=0,2...0,4$  мкм; лентами зернистостью 6...3 обеспечивается  $Ra=0,05...0,1$  мкм.

Применение доводки в качестве финишной операции обеспечивает высокое качество поверхности ( $Ra=0,04...0,02$  мкм) и отклонение геометрической формы обрабатываемой поверхности в пределах  $0,1...0,3$  мкм [11].

К недостаткам полирования и доводки следует отнести:

- плохая очистка обработанных поверхностей от микрозернистого абразива приводит к быстрому износу поверхности при эксплуатации;
- получение высокого класса шероховатости связано с высокой трудоемкостью.

Суперфиниширование используется для финишной обработки деталей после шлифования и позволяет увеличить эксплуатационные свойства детали вследствие получения малой шероховатости  $Ra=0,05...0,6$  мкм. Суперфиниширование обеспечивает упрочнение поверхностного слоя детали без значительных структурных изменений, получение необходимых направлений и форм микронеровностей [8]. Однако, в процессе суперфиниширования работоспособность брусков быстро снижается в результате заполнения режущей поверхности и пор металлической стружкой, вызывая загрязнения брусков.

В работе [9] показана сравнительная стоимость различных методов механической обработки деталей и достигаемая при этом шероховатость. При более низкой шероховатости и с увеличением точности стоимость обработки резко

увеличивается. Наименьшая стоимость соответствует обработке растачиванием при высокой шероховатости и производительности.

Рассмотренные методы механической обработки не только не достаточно производительны, но и технологически несовершенны, поскольку, обеспечивая высокую точность обработки на уровне макрогеометрии, форму и размеры отверстий, они не создают соответствующие ей высокие характеристики на уровне микрогеометрии.

С помощью широко применяемых методов окончательной обработки (шлифование, хонингование, доводка) создается необходимая форма деталей с заданной точностью, но часто не обеспечивается оптимальное качество поверхностного слоя. Оно может быть достигнуто поверхностным пластическим деформированием (ППД), при котором стружка не образуется, а происходит тонкое упрочнение поверхностного слоя. Область эффективного применения ППД в настоящее время достаточно широка и непрерывно расширяется [3]. Среди наиболее распространенных методов ППД рассмотрим следующие.

Раскатывание применяют для изменения диаметра отверстия, получения высокого качества поверхности и осуществляется специальными инструментами – раскатниками, в корпусе которого размещены закаленные ролики или шарики. Раскатывание эффективно при финишной обработке отверстий в высокопластичных материалах и обеспечивает шероховатость обработанной поверхности  $Ra=0,08 - 0,32$  мкм. Шероховатость поверхности детали до раскатывания должна быть на два класса ниже [13].

Недостатком раскатывания является низкая точность размеров и геометрической формы, а также возможный перенеклп поверхности, что приводит к образованию микротрещин и разрушению поверхности в процессе работы.

При выглаживании параметр шероховатости поверхности зависит от его исходного параметра, при этом достигается стабильное уменьшение параметра шероховатости до  $Ra=0,04 - 0,08$  мкм. В результате обработки микроструктура поверхности значительно улучшается - увеличивается твердость, образуются остаточные сжимающие напряжения, благоприятный микрорельеф, все эти качественные показатели способствуют повышению износостойкости, выносливости и усталостной прочности деталей [3].

Широкое применение в качестве финишной операции при обработке отверстий находит высокопроизводительный способ ППД – деформирующее протягивание, применяемое для получения повышенных точности размеров и шероховатости поверхности ( $Ra=0,16 - 0,32$  мкм), улучшения прочности прессового сопряжения деталей и уплотнения поверхностного слоя [14]. Возможность осуществления больших пластических деформаций делает целесообразным использование деформирующего протягивания не только в виде финишной, но и в качестве черновой операции.

Анализируя возможность использования рассмотренных методов ППД в качестве финишной обработки, следует учитывать следующие их особенности:

- большинство методов не повышают геометрической точности поверхности, сохраняя точность, достигнутую на предшествующей операции;
- в связи с созданием сжимающих остаточных напряжений в поверхностном слое при обработке тонкостенных и неравножестких деталей может происходить деформация поверхности 5 – 10 мкм и более;
- в связи с пластическим течением металла при использовании методов ППД на кромках обрабатываемых поверхностей образуются равномерные наплывы металла толщиной 0,03 – 0,3 мм.

Для повышения надежности и долговечности деталей машин применяют различные способы нанесения металлических и полимерных покрытий, применение которых возможно в качестве финишных операций [15].

С точки зрения возможности применения в качестве финишной обработки наибольший интерес представляют те технологии, которые обеспечивают повышение износостойкости трущихся деталей при одновременном восстановлении их размеров. Рассмотрим те из них, которые связаны с увеличением размеров обрабатываемой детали.

Технология химического осаждения (CVD – метод) практически не имеет ограничений по химическому составу применяемых для нанесения материалов, а следовательно, и структуре получаемых покрытий. Частицы могут быть осаждены на всю поверхность обрабатываемой детали. Участки, где покрытия не требуются, защищаются специальными защитными покрытиями [16]. Однако, метод CVD не всегда пригоден для непосредственной обработки многих конструкционных машиностроительных материалов, а высокие температуры осаждения ограничивают возможности использования его в качестве финишной операции.

Метод физического осаждения износостойкого покрытия (PVD – метод), имеет большее применение, так как проще в эксплуатации, осаждение покрытия на поверхность проходит при значительно более низких температурах (~500 °С). Недостаток процесса - сложная подготовка и очистка поверхности, что сильно увеличивает технологическое время обработки.

Электрохимическое осаждение (ЭХО) металлов относится к надежным методам повышения качества поверхности детали. Гальванические покрытия нашли широкое применение в промышленности благодаря широкому выбору материала покрытия и высокой технологичности процесса [17]. ЭХО металлов и сплавов имеет ряд преимуществ: отсутствие термического воздействия на восстанавливаемые детали, получение покрытий с заданной толщиной и физико-механическими свойствами, возможность автоматизации процесса и одновременного восстановления большого числа деталей. К недостаткам метода следует отнести: слабое сцепление нанесенных покрытий с основным металлом, высокая трудоемкость, дороговизна используемого оборудования и химических препаратов, неэкологичность.

Перспективным направлением в области создания наноструктурированных медьсодержащих покрытий является финишная антифрикционная безабразивная обработка (ФАБО), основанная на использовании в процессе трения явлений схватывания поверхностей и избирательного переноса [18].

По данным авторов [19, 20 и др.] ФАБО позволяет: снизить время приработки деталей в 1,5 – 2 раза, исключить задиры поверхностей трения деталей, повысить несущую способность деталей и соединений, защитить поверхность трения от водородного изнашивания, снизить температуру трения и продлить период работы узла трения при выключении подачи смазки, уменьшить коэффициент трения и тем самым снизить потребление топлива ДВС до 3% и др.

Однако, эффективность процесса ФАБО недостаточно высока, особенно при эксплуатации в условиях высоких удельных нагрузок, когда пленочное покрытие быстро выходит из строя. Кроме того, устойчивое формирование покрытия ограничивается определенной исходной шероховатостью поверхности основы  $0,08 < Ra < 1,5$  мкм [21]. Поэтому различные модификации этого метода требуют дальнейшего совершенствования, в том числе использования совмещенных методов обработки [22].

Следует отметить, что за счет применения известных методов нанесения покрытий повышаются износостойкие и антифрикционные свойства пар трения. Однако, отсутствие возможности формирования оптимальной микрогеометрии, а следовательно и качества поверхности, ограничивают применимость этих методов в использовании в качестве финишной обработки деталей.

Для достижения более высоких эксплуатационных свойств деталей эффективными представляются комбинированные методы обработки [23-24 и др.], суть которых заключается в суммарном воздействии физических, химических и других факторов, а также способов их подвода в зону обработки, что позволяет достигнуть более высокие эксплуатационные свойства деталей. Выбор факторов воздействия определяются техническими требованиями к качеству поверхностей обрабатываемых деталей и технологическими задачами процесса обработки.

Совмещение известных способов позволяет получить комбинированные методы обработки и успешно их использовать в качестве окончательной обработки. При этом возможно усилить положительные стороны составляющих факторов и подавить нежелательные показатели процессов. Однако достичь положительного эффекта за счёт суммирования нескольких видов воздействия не всегда представляется возможным из-за недостаточного объема информации о взаимном влиянии составляющих комбинированных методов.

Вместе с тем направление по совершенствованию существующих финишных технологий за счет использования возможностей комбинированной обработки представляется наиболее актуальным.

**Выводы.** Анализ известных методов финишной обработки отверстий показал следующее. Для достижения высоких геометрических характеристик качества целесообразно использование в качестве финишной обработки отверстий методов механической обработки и ППД за счет срезания (тонкое шлифование, хонингование, суперфиниширование, полирование) и смятия (выглаживание, раскатывание, протягивание) неровностей поверхности. Однако применение методов механической обработки отверстий и ППД не решают вопрос повышения износостойких и антифрикционных свойств поверхности трения столь необходимых при приработке.

Использование методов нанесения покрытий повышают антифрикционные и износостойкие свойства поверхности, однако отсутствует возможность формирования оптимальной микрогеометрии поверхности.

В этой связи, наиболее перспективной в качестве финишной обработки отверстий представляется ФАБО, поскольку наряду с формированием необходимой шероховатости на поверхности трения образуются тонкие приработочные покрытия. Возможность совмещения ФАБО с методами ППД, в частности с деформирующим протягиванием, позволит повысить производительность процесса, а также качество финишной обработки отверстий.

## Список литературы

1. Берсудский А.Л. Технологическое обеспечение долговечности деталей машин на основе упрочняющей обработки с одновременным нанесением антифрикционных покрытий: дис. ... д-ра техн. наук : 05.02.08. – Саратов, 2008. – 294 с.
2. Селезньов Е.Л. Аналіз методів фінішної обробки внутрішніх циліндричних поверхонь/ Е.Л. Селезньов, Ю.П. Шимчук// Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». Луцьк. 2014. – Вип.46. – С.475 – 478.
3. Одинцов Л.Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием: Справочник. - М.: Машиностроение, 1987. – 329 с.
4. Красота М.В. Анализ эффективности существующих и перспективных методов обработки деталей с покрытиями /М.В. Красота, И.В. Шепеленко, А.А. Матвиенко/Збірник наукових праць

- Кіровоградського національного технічного університету «Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація». – 2014. – №. 27. – С. 99-108.
5. Катков Д.С. Повышение долговечности узлов трения мобильной сельскохозяйственной техники применением триботехнических методов: дис. ... канд. техн. наук : 05.20.30. – Саратов, 2008. – 227 с.
  6. Синяя Н.В. Повышение ресурса гильз цилиндров двигателей упрочняюще-антифрикционной обработкой: дис. ... канд. техн. наук : 05.20.30. – Брянск, 2009. – 198 с.
  7. Коломейченко А.В. Технологии повышения долговечности деталей машин восстановлением и упрочнением рабочих поверхностей комбинированными методами с применением микродугового оксидирования: монография/ А.В. Коломейченко. – Орел: Изд-во Орел ГАУ, 2013. – 230с.
  8. Мухамедеева Р.М. Повышение качества обработки отверстий комбинированными режуще-деформирующими розвертками: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.08. – Омск, 2004. – 144 с.
  9. Отений Я.Н. Прогрессивные методы обработки глубоких отверстий / Я.Н. Отений, Н.Я.Смольников, Н.В. Ольштынский. Волгоград: РПК «Политехник», 2003. 178 с.
  10. Гаркунов Д.Н. Триботехника (износ и безызносность): учебник / Д.Н.Гаркунов. – М.: МСХА, 2001. – 616 с.
  11. Справочник технолога машиностроителя: в 2 т. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
  12. Куликов С.И. Прогрессивные методы хонингования / С.И. Куликов, Ф.Ф. Ризванов. – М.: Машиностроение, 1983. – 135 с.
  13. Папшев Д.Д. Отделочно-упрочняющая обработка поверхностным пластическим деформированием. – М.: Машиностроение, 1978. – 152 с.
  14. Розенберг А.М.Механика пластического деформирования в процессах резания и деформирующего протягивания/ А.М. Розенберг, О.А. Розенберг. – К.: Наукова думка, 1990. – 320 с.
  15. Черновол М.И. Способы формирования антифрикционных покрытий на металлические поверхности трения/ М.И. Черновол, И.В. Шепеленко// Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету «Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація». 2012. – Вип.25(1). – С. 3 – 8.
  16. Нанотехнологии и наноматериалы в агропромышленном комплексе: науч. изд. / В.Ф. Федоренко, М.Н. Ерохин, В.И. Балабанов, Д.С. Буклагин, И.Г. Голубев, С.А. Ищенко. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2011. - 312 с.
  17. Черновол М.И. Технологические основы восстановления деталей сельскохозяйственной техники композиционными покрытиями: дис. ... д-ра. техн. наук: 05.20.03. - Кировоград., 1992. – 502 с.
  18. Гаркунов Д. Н. Финишная антифрикционная безабразивная обработка (ФАБО) поверхностей трения деталей // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2009. – №3-5. – С. 20 – 41.
  19. Балабанов В.И. Триботехнологии в техническом сервисе машин / В.И. Балабанов, С. А. Ищенко, В. И. Беклемышев. – М. : Изумруд, 2005. – 192 с.
  20. Шепеленко И.В. Совершенствование процесса финишной антифрикционной безабразивной обработки цапф шестерен гидронасосов /И.В. Шепеленко, В.В.Черкун// РВМ (Ремонт. Восстановление. Модернизация). – 2012. - №9, - С.32-35.
  21. Шепеленко И.В. Образование антифрикционного покрытия финишной антифрикционной безабразивной вибрационной обработкой / И.В. Шепеленко, В.В. Черкун // Вібрації в техніці та технологіях. – 2013. – № 3(71). – С. 99–104.
  22. Mykhailo Chernovol. Effectiveness increase in application of FANT of the components of mobile agricultural machines/ Mykhailo Chernovol, Igor Shepelenko, Budar Mohamed R.F.// Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету «Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин». 2015. – Вип.45(1). – С. 10 – 13.
  23. Харламов Ю.А., Будагьянц Н.А. Основы технологии восстановления и упрочнения деталей машин. Учебное пособие в 2 т. Том 2. – Луганск: изд-во Восточно-укр. национ. ун-та им.В.Даля, 2003. – 480 с.
  24. Черновол М.И. Комбинированный метод обработки поверхностей трения/ М.И. Черновол, И.В. Шепеленко, Варума Арифа// Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету «Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація». 2011. – Вип.24(2). – С. 13 – 16.

**Mykhaylo Chernovol, Prof., DSc., Ihor Shepelenko, Assos. Prof., PhD tech. sci., Budar Mohamed R.F., post-graduate**

*Kirovohrad National Technical University, Kirovohrad, Ukraine*

**Increasing of quality of perforation finishing**

The work proves that one way to increase the quality of perforations is to enhance their refinement at the stage of finishing operations. This helped to set the aim of the work to review existing methods of finishing refinement of perforations and their influence on the surface quality options.

It has been proved that the application of the methods of mechanical refinement of perforations and surface plastic deformation allows to achieve high geometrical characteristics of surface quality but it does not solve the problem of increasing of hardwearing and antifriction qualities of the friction surface, which is extremely necessary during the process of bedding. The usage of traditional methods of coating application increases antifriction and hardwearing qualities of the surface but we lack the possibility to form the optimal microgeometry of the surface.

Combined refinement allowing to combine the advantages of different methods of perforations finishing refinement has been proposed as the most effective one. For instance, the possibility to combine finishing antifriction nonabrasive refinement with the methods of surface plastic deformation, in particular with deformational drawing, will allow to increase the process productivity and quality of perforations finishing refinement.

**quality, finishing refinement, perforation, combined refinement**

Одержано 10.03.16

**УДК 621.791.9:669.018.25**

**І.Ф. Василенко, доц., канд. техн. наук**

*Кіровоградський національний технічний університет, м. Кіровоград, Україна,*

*E-mail: vasylenko\_ivan@mail.ru*

## Фізичні процеси при формуванні композиційних покриттів контактним наварюванням порошкових дротів

З метою підвищення довговічності валів сільськогосподарської техніки важливим є визначення режимів контактного наварювання порошкових дротів для нанесення композиційних покриттів. У статті відображено результати теоретичних досліджень розмірів та геометрії присадного матеріалу та їх зміни в процесі контактного наварювання. Проведені дослідження відкривають можливість теоретичного визначення режимів контактного наварювання порошкового дроту в залежності від потрібної товщини композиційного покриття на деталях сільськогосподарської техніки та його щільності.

**порошковий дріт, контактне наварювання, площа контакту**

**И.Ф. Василенко, доц., канд. техн. наук**

*Кировоградский национальный технический университет, г. Кировоград, Украина*

**Физические процессы при формировании композиционных покрытий контактной наваркой порошковых проволок**

С целью повышения долговечности валов сельскохозяйственной техники важным является определение режимов контактной наварки порошковых проволок для нанесения композиционных покрытий. В статье отражены результаты теоретических исследований размеров и геометрии присадочного материала и их изменение в процессе контактной наварки. Проведенные исследования открывают возможность теоретического определения режимов контактной наварки порошковой проволоки в зависимости от нужной толщины композиционного покрытия на деталях сельскохозяйственной техники и его плотности.

**порошковая проволока, контактная наварка, площадь контакта**

© І.Ф. Василенко, 2016