**Список использованной литературы**

1. Бурдейко, В.А. Машина для удаления колорадского жука / В.А. Бурдейко, И.М. Дыдышко // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе – сегодня и завтра : материалы VI Междунар. науч.-практ. конф., 2 нояб. 2022 г., Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш». – Гомель, 2022. – С. 233–237.

2. Бурдейко, В.А. Теоретические предпосылки исследования процесса очесывания особей колорадского жука конической щеткой машины / В.А. Бурдейко, В.Б. Ловкис, Э. В. Дыба // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2026. – № 59. – С. 228–233.

УДК 631.3.02:621.78

# КОМБИНИРОВАННОЕ НА ОСНОВЕ ИМПУЛЬСНОЙ ЗАКАЛКИ УПРОЧНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

**Г.И. Анискович, канд. техн. наук, доцент,**
**М.А. Шевчук, ассистент**
*Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

*Аннотация.* В статье рассмотрены перспективы применения импульсной закалки в сочетании со способами локального нанесения износостойких материалов при упрочнении деталей сельскохозяйственных машин, работающих в условиях интенсивного абразивного изнашивания с ударными нагрузками.

*Abstract.* The article discusses the prospects of using pulse hardening in combination with methods of local application of wear-resistant materials for strengthening parts of agricultural machines operating under conditions of intense abrasive wear with impact loads.

*Ключевые слова:* комбинированное упрочнение, импульсная закалка, наплавка, износ, ударная вязкость, твердость, ресурс.

*Keywords:* combined hardening, pulse hardening, surfacing, wear, impact toughness, hardness, service life.

Детали рабочих органов сельскохозяйственных машин, в процессе работы контактируя с абразивной средой и подвергаясь воздействию ударных нагрузок, быстро изнашиваются и теряют работоспособность, вследствие чего требуют частой замены. Большинство деталей рабочих органов почвообрабатывающих и кормоуборочных машин теряют работоспособность при достижении предельного состояния (затупления) их режущей кромки. Поэтому принципиально важным требованием, предъявляемым к режущей части таких деталей, является сохранение острой рабочей кромки в

течение всего срока службы. Это достигается за счет реализации эффекта самозатачивания [1]. Самозатачивание режущей кромки детали будет происходить при наличии двухслойного сечения твердого тонкого и мягкого основного слоя материала деталей. При работе в абразивной среде мягкий слой истирается быстрее, что обеспечивает обнажение твердого слоя, образующего режущую кромку [7].

Вместе с тем, особые требования предъявляются к более мягкому (основному) слою. Его твердость и прочность должны быть достаточно высокими и находиться на уровне, при котором не будет происходить его опережающее интенсивное изнашивание и разрушение, из-за чего более твердый и хрупкий слой оголится на предельную величину и начнет выкрашиваться [2].

Упрочнение деталей с обеспечением эффекта самозатачивания и придание требуемых свойств основному металлу невозможно реализовать каким-либо одним способом.

Поэтому возрастает интерес к использованию комбинированных способов упрочнения, представляющих собой сочетание двух или нескольких процессов, что позволяет достичь высокой эффективности упрочнения.

Для упрочнения деталей из среднеуглеродистых и низколегированных конструкционных сталей наибольший интерес представляют методы, сочетающие нанесение на рабочие поверхности износостойких покрытий с предварительной либо последующей упрочняющей обработкой.

Одним из перспективных способов упрочнения является комбинированное упрочнение на основе импульсной закалки с локальным нанесением износостойких покрытий способами лазерной и электродуговой наплавок, электроискрового легирования, наплавки намораживанием и др.

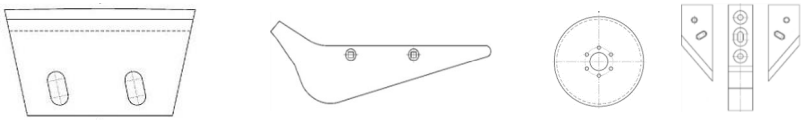
Технология импульсной закалки представляет собой метод термической обработки, при котором нагретая до температуры закалки деталь подвергается интенсивному воздействию потока охлаждающей среды, обеспечивающего сверхвысокую скорость теплоотвода [1].

Реализация таких условий охлаждения приводит к формированию в упрочнённой детали ультрамелкозернистой, а в определенных условиях нанокристаллической структуры. Получение такого струк-

турного строения обеспечивает деталям высокую прочность и твёрдость, а также требуемый уровень ударной вязкости [1, 2].

Применением импульсной закалки деталям за счет формирования диссипативной мартенситной структуры придается повышенная прочность и твердость, способствующих восприятию динамических и ударных нагрузок без разрушения. Локальное нанесение износостойких материалов в зоне режущей кромки формирует участки с повышенной износостойкостью, что способствует поддержанию эффекта самозатачивания [3-6].

Технология комбинированного упрочнения была апробирована при изготовлении опытных образцов ножей измельчающего аппарата кормоуборочных комбайнов, копачей свеклоуборочных машин, дисков сошников, лап глубокорыхлителей (рисунок 1).



*а)* *б)* *в)* *г)*

Рисунок 1 – Детали сельскохозяйственных машин: а – ножи измельчающего аппарата кормоуборочных комбайнов, б – копачи свеклоуборочных машин; в – диски сошников; г – лапы глубокорыхлителей

При упрочнении ножей измельчающего аппарата кормоуборочных комбайнов, изготовленных из стали 60ПП, первоначально осуществлялась их импульсная закалка с последующим низким отпуском. После чего выполнялась лазерная наплавка режущей кромки порошковой смесью ПС-12НВК.

Копачи свеклоуборочных комбайнов изготавливались из стали 30ХГСА. Их упрочнение осуществлялось электродуговой наплавкой нижней торцевой и лезвийной поверхности электродом Т-590 и последующей импульсной закалкой.

Для дисков сошников применялась технология комбинированного упрочнения, включающая предварительную импульсную закалку, низкий отпуск и последующее электроискровое легирование режущей кромки электродом ВК8.

Комбинированное упрочнение деталей рабочих органов глубокорыхлителей, изготовленных из стали 45, осуществлялось по следующей схеме. На первом этапе рабочая часть центральных ножей наплавлялась диффузионным намораживанием износостойкого

сплава С27, а режущая кромка боковых ножей – электродуговой наплавкой электродом Т-590. После наплавки детали подвергались импульсной закалке и низкому отпуску.

Характеристика упрочненных комбинированным способом образцов деталей представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика образцов деталей после комбинированного упрочнения

| Деталь | Материал детали | Комбинированное упрочнение | Наплавочный материал | Толщина наплавки, мм | Твёрдость основы, мм | Твёрдость наплавленного слоя, HRC |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* | *7* |
| Ножи измельчителя | Сталь 60ПП | Импульсная закалка→отпуск→лазерная наплавка | ПС-12НВК | 0,8–1,0 | 55–60 | 62–66 |
| Копачи свеклоуборочные | Сталь 30ХГСА | Эл.дуговая наплавка→имп.закалка→ отпуск | Т-590 | 2,5±0,5 | 50–52 | 56–60 |
| Диски сошников | Сталь 45 | Имп. закалка→отпуск→ эл.искровое легирование | ВК8 | 0,4–0,5 | 48–50 | 56–60 |
| Глубокорыхлитель (центр. ножи) | Сталь 45 | Диф.намораживание→ имп.закалка→отпуск | С27 | 2,5±0,5 | 48–50 | 61–64 |
| Глубокорыхлитель (боковые ножи) | Сталь 45 | Эл.дуговая наплавка → имп.закалка→отпуск | Т-590 | 2,5±0,5 | 48–50 | 57–60 |

Результаты выполненных работ по комбинированному упрочнению деталей сельскохозяйственных машин показали, что при эксплуатации упрочненных по данной технологии деталей может быть реализован эффект их самозатачивания, что должно быть подтверждено эксплуатационными испытаниями.

Дальнейшие исследования комбинированной технологии целесообразно направить на исследование оптимальных параметров импульсной закалки и применяемых способов локального нанесения износостойких материалов и их влиянию на формирование свойств упрочненных деталей с учётом условий их эксплуатации.

**Список использованной литературы**

1. Рабинович, А. Ш. Самозатачивающиеся плужные лемехи и другие почворежущие детали машин / А. Ш. Рабинович ; Государственный всесоюзный научно-исследовательский технологический институт ремонта и эксплуатации машин-

но-тракторного парка (ГОСНИТИ). – Москва : ГОСНИТИ, 1962. – 106, [1] с. : ил. – Библиогр.: с. 104–105.

2. Повышение работоспособности деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин/И. Н. Шило [и др.] – Минск: БГАТУ, 2010. – 320с.

3. Бетеня, Г.Ф. Анискович, Г.И. Модификация структуры и механических свойств стали пониженной прокаливаемости при импульсном закалочном охлаждении жидкостью. / MOTOROL/ – Lublin-Pzeszow, 2013,vol.15, №7 – С. 80–86.

4. Бетеня, Г.Ф. Опыт упрочнения деталей из сталей пониженной прокаливаемости импульсным закалочным охлаждением жидкостью/ Г.Ф.Бетеня, Г.И. Анискович // Вестник БарГУ/ – 2013, вып. 1 – С. 152–159.

5. Инновационные технологии упрочнения деталей сельскохозяйственной техники / Н.В. Казаровец, Г.Ф. Бетеня, Г.И. Анискович, А.И. Гордиенко, В.С. Голубев, А.Н. Давидович//Сборник докладов 12 МНТК 10–12 сентября 2012 г., Углич. – М.: Известия, 2012. – С. 219–228.

6. Повышение ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин на основе совершенствования наплавочных технологий / Н. М. Ожегов, В. А. Ружьев, Д. А. Капошко [и др.] // Труды ГОСНИТИ. – 2015. – Т. 121. – С. 273-281. – EDN VKBUXJ.

7. Soska R., Cico P., Mikus R. Working Life of Ploughshare Renovated by Hard Facing // MendelNet 2016. – 2016. – P. 928–932.

УДК 631.31

# ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ДЛЯ УБОРКИ ВСЕГО БИОЛОГИЧЕСКОГО УРОЖАЯ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО

**В.П. Чеботарев, д-р техн. наук, профессор,**
**Н.П. Гурнович, канд. техн. наук, доцент,**
**Г.А. Радишевский, канд. техн. наук, доцент**
*Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

*Аннотация.* В статье описано приспособление для уборки всего биологического урожая при возделывании кукурузы на зерна при восковой спелости и влажности листостеблевой массы кукурузы до 50 %.

*Abstract.* The article describes a device for harvesting the entire biological yield when cultivating corn for grain at the stage of waxy ripeness, with a leaf-and-stalk moisture content of up to 50%.

*Ключевые слова:* приспособление, кукуруза, уборка.
*Keywords:* attachment, corn, harvesting.

## Введение

В процессе уборки кукурузы на зерно (особенно при уборке зерна в стадии восковой спелости с целью дальнейшего его плющения) часть биологического урожая теряется за счет того, что