

тотной и лазерной заправки отличались наименьшим сопротивлением износу, причем ножи из стали 65Г были более износостойкими, чем ножи из стали 40Х.

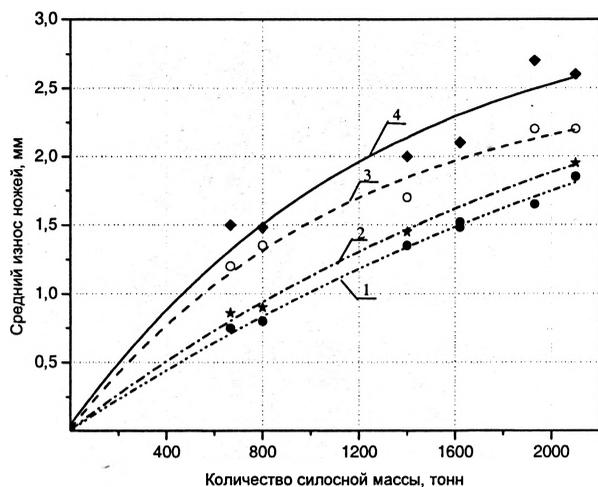


Рис. 1. Средний износ режущей кромки ножей комбайна «Полесье - 3000» в зависимости от количества заготовленной силосной массы в полевых условиях: 1 — наплавка ТВЧ сталь 65Г; 2 — лазерное легирование сталь 40Х; 3 — лазерная закалка сталь 65Г; 4 — лазерная закалка сталь 40Х

Следует отметить, что износ ножей в процессе эксплуатации происходит неравномерно по длине режущей кромки. После наработки 680 тонн минимальный линейный износ 0,2-0,8 мм наблюдается той части лезвия ножа, которая находится на расстоянии 25-75 мм от края и вращается с минимальной линейной скоростью. Далее следует участок длиной 150-200 мм, на котором происходит максимальный износ, составляющий в зависимости от вида поверхностного упрочнения от 1,0 до 3 мм. Причем меньшее значение линейного

износа характерно для серийных ножей. По мере продвижения по режущей кромке линейный износ на участке длиной 100-150 мм плавно снижается до 0,5-1,5 мм. Для последнего участка длиной 50-75 мм наблюдается существенный разброс значений — от 0,5 до 2 мм. Такой характер износа ножей, установленных на комбайне КСК-3000 характерен и при дальнейшей наработке силосной массы 1400 и 2000 тонн.

Проведение испытаний комбайна на полях с наличием крупных рытвин и ямок не позволило осуществить четкое копирование поверхности жаткой. Этот этап испытаний характеризовался появлением большого числа выбоин и зазубрин на режущей кромке ножей.

Визуальный анализ ножей в процессе полевых испытаний после наработки 1900 тонн показал, что ножи, изготовленные по серийной технологии или после лазерной наплавки, отличались наличием на режущей кромке отколов или выкрашиваний, причем глубина таких дефектов могла достигать до 5-10 мм. Было установлено, что максимальным сопротивлением хрупкому разрушению режущей кромки обладают ножи, изготовленные из стали 40Х после ТВЧ-обработки и последующей лазерной заправки. В результате комплексной оценки свойств ножей кормоуборочного комбайна (износостойкость, сопротивление хрупкому выкрашиванию режущей кромки) было установлено, что ножи, изготовленные из стали 40Х и претерпевшие объемную закалку режущей кромки с применением ТВЧ и последующую лазерную обработку, при правильном выборе режимов перезаточки могут составить конкуренцию ножам, изготавливаемым в настоящее время по серийной технологии на заводе «Гомсельмаш».

## ТЕХНОЛОГИЯ УПРОЧНЕНИЯ ПОЧВОРЕЖУЩИХ ДЕТАЛЕЙ

*В.М. Константинов, Ф.И. Пантелеенко, Жабуренок С.Н., Полоцкий государственный университет  
Н.Н. Ясенко, Физико-технический институт НАН Беларуси*

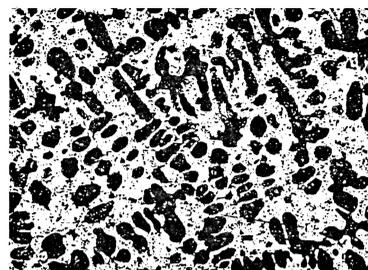
В настоящее время обработка почвы в Беларуси характеризуется крайне низкими технико-экономическими показателями. Суммарные затраты на вспашку 1 га старопахотных земель в республике составляют порядка 17 €, в то время как в странах Евросоюза — 7...8 € [1, 2]. Одной из основных причин столь высоких затрат является низкая работо-

способность почворезущих деталей (ПД) отечественного производства. По сути дела, на суглинистых и глинистых почвах, составляющих 55% пахотного фонда страны, плужные лемехи, лапы орудий, культиваторов и другие ПД неработоспособны вовсе. Интенсивное изнашивание в почве обуславливает быстрое затупление лезвия ПД, со-

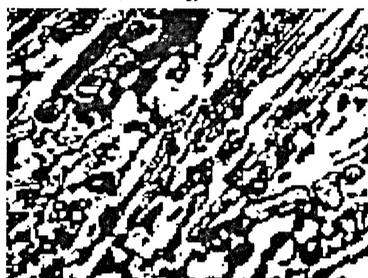
проводящееся увеличением тягового сопротивления, снижением равномерности хода агрегата, уменьшением глубины обработки почвы и подрезаемости сорных растений, значительным увеличением расхода горюче-смазочных материалов. Кроме того, утрата работоспособности ПД приводит к вынужденным простоям при их замене. Известно, что основными критериями работоспособности ПД, во многом определяющими их ресурс, являются абразивная износостойкость лезвия и толщина (или угол в плане) лезвия при эксплуатации. В мировом производстве ПД абразивная износостойкость лезвия в последние годы практически не повышается. Это объясняется тем, что большинство ведущих европейских производителей используют для изготовления ПД высококачественные самозакаливающиеся стали с микродобавками бора, титана, ниобия и других элементов, отличающиеся высоким сопротивлением абразивному изнашиванию [3–5]. Дальнейшее увеличение износостойкости лезвий неизбежно повлечет повышение стоимости ПД, что в большинстве случаев экономически не оправдано. Поэтому в настоящее время лишь некоторые европейские производители выпускают ПД, предназначенные для обработки особо твердых почв, с лезвием из износостойких материалов. Чаще всего используется наплавка белых износостойких чугунов [6–9] или изготовление лезвий из спеченных твердых сплавов (например, карбида вольфрама) [10].

В Республике Беларусь упрочнение лезвий ПД наплавкой износостойкими сплавами является одним из самых эффективных способов повышения их работоспособности. Создание биметаллических лезвий с износостойким слоем повышает ресурс ПД, при реализации эффекта самозатачивания лезвия вкупе с увеличением ресурса также улучшаются агротехнические характеристики обработки почвы. Перспективным является применение в качестве наплавочного материала для упрочнения ПД диффузионно-легированной чугуновой стружки, обладающей высокими технологическими и трибологическими свойствами наряду с низкой стоимостью [11, 12]. Совместной разработкой Физико-технического института НАН Беларуси и Полоцкого государственного университета является технология упрочнения ПД износостойкими сплавами. Наплавочными материалами для упрочнения ПД могут служить как серийно выпускаемые порошки, так и полученные диффузионно-легированные материалы из стружки белого или серого чугуна. Диффузионное насыщение чугуновой стружки комплексом леги-

рующих элементов (бор, марганец, хром, титан, азот) приводит к образованию после наплавки гетерогенных мелкозернистых структур эвтектического типа (рис. 1), отличающихся высокими механическими и трибологическими свойствами.



а



б



в

Рис. 1. Микроструктура наплавленного слоя из диффузионно-легированной стружки,  $\times 400$ ; а — серого чугуна; б и в — белого чугуна

Абразивная износостойкость таких сплавов не уступает износостойкости сплавов класса сормайт, рекомендуемых государственными стандартами для наплавки ПД. Нанесение диффузионно-легированных сплавов на упрочняемую поверхность ПД производится индукционной наплавкой по методу РостНИИТМ [13], т.е. наплавкой разогревом токами высокой частоты предварительно нанесенной пасты непосредственно на лезвии ПД. Использование специальных индукторов и специфических технологических приемов при наплавке позволяют получать слои стабильной толщины с высоким качеством поверхности. Для достижения высоких эксплуатационных свойств ПД целесообразно проведение термической обработки после наплавки. Термическая обработка по режимам, вы-

бираемым на основе полученных геометрических параметров лезвия ПД, позволяет обеспечивать самозатачиваемость лезвия в заданных агроклиматических условиях [14].

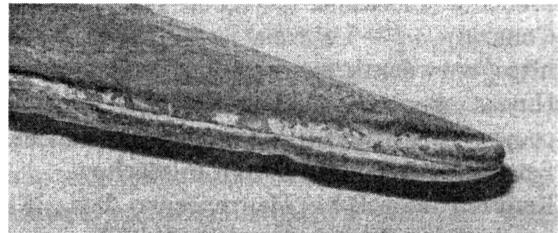
Разработанная технология упрочнения ПД осваивается на двух крупных машиностроительных предприятиях республики – РУП «Минский завод шестерен» и РУМП «Кузлитмаш» (г. Пинск). Изготовлены опытные партии упрочненных ПД, проведены их предварительные полевые испытания. Испытания упрочненных плужных лемехов на Белорусской машиноиспытательной станции осенью 2004 года дали отрицательные результаты – несмотря на снижение линейного износа упрочненных деталей в 1,6 раза по сравнению с серийно выпускаемыми, увеличение ресурса не произошло. При достижении наработки 4...6 га вследствие затупления режущей кромки лезвия до предельных величин происходило выглубление плуга на поверхность пахоты и упрочненные плужные лемехи были выбракованы совместно с серийными. Причиной неудовлетворительных результатов испытаний признано несоответствие геометрических параметров лезвия агроклиматическим условиям вспашки. Весной 2005 года в хозяйстве «Гутово-2» Дрогичинского района Брестской области были проведены повторные предварительные полевые испытания опытной партии упрочненных плужных лемехов. Результаты испытаний свидетельствуют об увеличении ресурса упрочненных лемехов на песчаных и легких супесчаных почвах в среднем в 4,3 раза по сравнению с серийно выпускаемыми плужными лемехами из стали 65Г, подвергнутыми закалке и отпуску. Нарботка до предельного износа упрочненных плужных лемехов составила 28...38 га, в то время как серийные лемехи вспахали по 5...10 га. В итоговой ведомости испытаний зафиксированы факты снижения тягового сопротивления и увеличения устойчивости плуга при вспашке. Испытания в Дрогичинском районе показали, что в данных агроклиматических условиях работоспособность плужных лемехов, подвергнутых нормализации после наплавки, выше, чем у наплавленных лемехов с закалкой и отпуском. Нормализованные лемехи самозатачивались в процессе вспашки (рис. 2, а), у закаленных лемехов самозатачивание лезвий имело фрагментарный характер (рис. 2, б).

Окончание постановки продукции – упрочненных ПД – на производство РУП «Минский завод шестерен» и РУМП «Кузлитмаш» планируется в конце 2005 года, но начиная со 2-го полугодия 2005 года на предприятиях можно приобрести

опытные партии упрочненных деталей. В планы обоих заводов входит 100%-ая комплектация выпускаемых плугов упрочненными ПД, соответствующими [15].



а



б

Рис. 2. Наплавленное лезвие лемеха после наработки 33 га: а — нормализованного; б — закаленного

Технико-экономический расчет показывает, что применение ПД, упрочненных по разработанной технологии, позволяет снизить суммарные затраты на обработку 1 га земли на 0,6...2,9 € на песчаных и супесчаных почвах и на 1,0...3,3 € на суглинистых и глинистых.

Таким образом, освоение технологии упрочненных ПД и их использование на практике является важным ресурсом экономии средств в сельском хозяйстве Республики Беларусь.

Работа выполнена в рамках задания 4.29 ГНТП «Технологии» «Разработать и освоить технологию упрочнения износостойкими материалами типовых быстроизнашиваемых поверхностей режущих элементов почвообрабатывающих машин».

#### Литература

1. Kalk W.-D., Huelsbergen K.-J. Dieselkraftstoff-einsatz in der Pflanzenproduktion // Landtechnik. – 1999. – Jg. 54, N 6. – S. 332–333.
2. Domsch H., Ehlert D., Smrikarov A.S., Bentscheva N.V. Kraftstoffverbrauchsmessung in Landmaschinen // Landtechnik. – 1999. – Jg. 54, N 5. – S. 278–279.
3. M. Woof. The harder they come // World Mining Equipment [Electronic resource]. May 2001. – Mode access: <http://www.wme.com>.
4. New hardening method: Information / Molbro [Electronic resource]. May 2001. – Mode access: <http://www.molbro.com>.

5. Бернштейн Д.Б., Лискин И.В. Лемехи плугов. Анализ конструкций, условий изнашивания и применяемых материалов: Обзорн. информ. – М.: ЦНИИТЭИтракторосельхозмаш, 1992. – 36 с.
6. Produkte [Electronic resource] / Rabe Agrarsysteme GmbH & Co. KG. – Mode access: <http://www.rabe-agrarsysteme.com>.
7. Landschaftspflege [Electronic resource]: The Right Road for Land Conservation... / FRANK. – Mode access: <http://www.frank-wst.de>.
8. Productos de Bellota [Electronic resource] / Bellota. – Mode access: <http://www.cofelam.com>.
9. Produkte [Electronic resource]: The Agro Vision Company / Lemken. – Mode access: <http://www.lemken.com>.
10. Плуги простые (Gregoire-Besson) [Электрон. ресурс]. Модельный ряд // Мировая техника. – Режим доступа: <http://www.mirtech.ru>.
11. Константинов В.М., Пантелеенко Ф.И., Жабуренок С.Н. Повышение износостойкости при упрочнении плужных лемехов диффузионно-легированной чугунной стружкой // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2003. – № 5. – С. 17–20.
12. Константинов В.М., Пантелеенко Ф.И., Жабуренок С.Н., Девойно О.Г., Авсиевич А.М. Техничко-экономическая эффективность упрочнения наплавкой рабочих органов почвообрабатывающих орудий // Сварщик в Беларуси. – 2003. – № 1. – С. 12–13.
13. Ткачев В.Н. Работоспособность деталей машин в условиях абразивного изнашивания. – М.: Машиностроение, 1995. – 335 с.
14. Жабуренок С.Н. Повышение долговечности плужных лемехов наплавкой диффузионно-легированными сплавами из чугунной стружки и последующей термической обработкой: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.01 / Полоцкий гос. ун-т. – Новополоцк, 2004. – 24 с.
15. СТБ 1388-2003. Плуги тракторные лемешные общего назначения. Общие технические условия. – Минск: Госстандарт, 2003. – 12 с.

## ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИМПУЛЬСНОЙ ДИФФУЗИОННОЙ СВАРКИ РАЗНОРОДНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

*А.В. Алифанов, В.Н. Алехнович, В.М. Голуб*  
*Физико-технический институт НАН Беларуси*

Механизм соединения разнородных металлов при сварке давлением в вакууме достаточно сложен и состоит из комплекса различных физических процессов: обеспечения максимально возможного физического контакта свариваемых поверхностей, ликвидации поверхностных окисных и адсорбированных пленок, активирования поверхностных слоев деформированием соединяемых материалов, объемных и поверхностных диффузионных процессов, рекристаллизации и т.д.

Кроме этого, реальная поверхность твердого тела, как бы тщательно она ни была обработана, имеет микронеровности и шероховатости. Даже при обработке поверхностей полированием остаются шероховатости размером 0,3 – 1 мкм.

В зависимости от температуры сварки диффузионные процессы влияют на рекристаллизацию и образование переходной зоны. При значительном отличии физических и химических свойств свариваемых материалов эта зона может являться зоной

перестройки химических связей и состава. В ней может также происходить постепенное изменение типа и параметров кристаллических решеток и ряда физических свойств соединяемых материалов (от свойств, присущих одному из соединяемых материалов, до свойств, присущих другому). Но еще более эффективным и надежным способом повышения прочности соединения, особенно в случае использования металлов с резко отличающимися свойствами, является импульсная деформация с большой энергией, например, удар. В этом случае значительно активизируются приповерхностные атомы, что облегчает и ускоряет образование металлических связей, активизируются также диффузионные процессы, увеличивается объемный характер процесса схватывания.

Осуществление процесса схватывания в условиях импульсной деформации позволило значительно упростить получение практически полного физического контакта соединяемых поверхностей, а