

новой магнитной системы. Полюсные наконечники дополнительной магнитной системы установлены под углом  $90^\circ$  к полюсным наконечникам основной магнитной системы.

Рабочие зазоры  $\delta$  между полюсами основной магнитной системы и обрабатываемой деталью заполнены порцией ферроабразивного порошка. Основная и дополнительная магнитные системы содержат электромагнитные катушки 2 и 4 соответственно.

Установка работает следующим образом: порция ферроабразивного порошка прижимается к обрабатываемой поверхности нормальной силой резания, обусловленной магнитным полем ( $B=1,1$  Тл) основной магнитной системы, производится обработка поверхности детали на протяжении времени  $t_0$ . Затем происходит отключение основной магнитной системы и включение дополнительной на время  $t_d$ , порция ферроабразивного порошка переходит в рабочий зазор дополнительной магнитной системы  $k\delta$  ( $k$  - увеличивающий коэффициент  $k=1,3...1,8$ ). Порошок находясь в рабочем зазоре дополнительно магнитной системы не контактирует с обрабатываемой деталью, на деталь воздействует магнитное поле ( $B=2,0$  Тл) дополнительной магнитной системы. Затем дополнительная система отключается и включается основная. Во время переключения систем происходит переориентация ферроабразивных частиц большей осью вдоль силовых линий магнитного поля, что является затруднительным процессом во время постоянной работы магнитов из-за большой плотности ферроабразивных частиц.

Такое поочередное включение основной и дополнительной магнитных систем позволяет интенсифицировать процесс магнитно-абразивной обработки. А воздействие более мощным магнитным полем дополнительной системы позволяет улучшить прецизионные свойства деталей.

#### Литература

1. Сакулевич Ф. Ю. Основы магнитно-абразивной обработки. Мн.: Наука и техника, 1981, 328с.
2. Барон Ю. М. Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущих инструментов. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1986, 176с.
3. Сакулевич Ф. Ю., Кожуро Л. М. Объемная магнитно-абразивная обработка. Мн., "Наука и техника", 1978, 168с.

УДК 621.9:621.762.8

### ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА ПОЧВОРЕЖУЩИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Протасевич В.А.<sup>1</sup>, к.т.н., Шунько С.И.<sup>2</sup>, м.н.с.

<sup>1</sup>Белорусский государственный аграрный технический университет,

<sup>2</sup>ГНУ Физико-технический институт НАН Беларуси

Рабочие органы почвообрабатывающих машин наиболее существенно влияют на качество технологического процесса, его энергоемкость, а так же в значительной мере определяют характеристики надежности машин. В сельском хозяйстве для обработки почвы широкое используются дисковые рабочие органы [1]. Однако, срок их эксплуатации ограничен тяжелыми условиями работы в абразивной почвенной среде. Рабочими органами луцильников являются сферические диски диаметром до 450мм., которые служат для предпосевной обработки почвы на глубину до 10см.

По данным многочисленных исследований ресурса серийных рабочих органов, только за первый год эксплуатации в результате поломки (деформации) выходят из строя 25% дисков почвообрабатывающих машин [2].

Обычно межремонтный срок службы (до заточки) дисков луцильников не превышает 1-1,5 сезонов.

Очевидно, что традиционные технологии и материалы не устраивают отрасль, и суще-

ствуует необходимость поиска новых путей решения сложившихся проблем. Вероятно, можно найти выход применив новые материалы, ранее не использовавшиеся в сельском хозяйстве.

При выборе материала диска лушильника, необходимо учитывать следующие факторы: прочность; упругие, пластические, ударные свойства; износостойкость [2]. Известно, что основными критериями работоспособности дисков почвообрабатывающих агрегатов, во многом определяющих их ресурс, являются абразивная износостойкость лезвия и угол в плане лезвия при эксплуатации [3].

В современной практике широкое применение нашли дисковые рабочие органы, изготавливаемые из стали марки 65Г [1]. Данная марка стали подвергается объемной термообработке на твердость 39,5...43,5 HRC или лезвийная закалка на твердость 44,5...49HRC [2]. Сталь 65Г в термообработанном состоянии имеет удовлетворительные показатели относительного удлинения ( $\delta=6,5...7,2\%$ ), но невысокий предел прочности ( $\sigma_{\sigma}=880...1080\text{МПа}$ ) [4]. Согласно результатам исследований, диски должны изготавливаться из материалов с пределом прочности не менее  $\sigma_{\sigma}=1000\text{ МПа}$ , относительным удлинением не менее  $\delta=7\%$ , и пределом выносливости не ниже  $\sigma_{-1}=400\text{ МПа}$  [1]. За рубежом рабочие органы почвообрабатывающих машин изготавливают из более прочных, высоколегированных сталей (с добавками бора, титана, молибдена), имеющих временное сопротивление  $\sigma_{\sigma}=1600...2000\text{ МПа}$ , и проводят их качественную термообработку [2].

Проблемы повышения износостойкости материалов рабочих органов и конструкционной износостойкости самих деталей, часто решаются путем использования износостойких твердосплавных покрытий [2]. Чаще всего используется наплавка белых износостойких чугунов или изготовление лезвий из спеченных твердых сплавов. Создание биметаллических лезвий с износостойким слоем значительно повышает ресурс. При реализации эффекта самозатачивания лезвия вкупе с увеличением ресурса улучшаются агротехнические характеристики обработки почвы. Перспективным является применение в качестве наплавочного материала диффузионно-легированной чугуновой стружки, обладающей высокими технологическими и трибологическими свойствами наряду с низкой себестоимостью [2].

Создание лезвий с выгодными условиями формообразования или самозатачивания в процессе изнашивания применимы не во всех почвенных условиях. Это объясняется отсутствием теоретической основы, верно описывающей процесс или условия изнашивания лезвия в почве [4]. Фактором образования на лезвии дисков лушильников уплотненного почвенного ядра может быть явление резкого роста сопротивления обработки почвы при появлении на лезвии отрицательного заднего угла резания (при затуплении) [5].

Кроме того, устойчивый процесс самозатачивания лезвия диска с наружной наплавкой может сохраняться не постоянно, а в пределах определенной величины линейного износа, обычно 2...2,5 мм по радиусу, что как правило соответствует наработке 27...35 га на рабочий орган дискового лушильника. Это происходит вследствие того, что при значительном линейном износе увеличивается соотношение изнашиваемых объемов основного и наплавочных слоев, необходимое для сохранения угла заострения, а соотношение удельных давлений фактически не меняется. Поэтому в дальнейшем угол заострения лезвия хотя и медленно, но увеличивается, а при наработке 50...70 га диск с наружной наплавкой и внутренней заточкой требует перезаточки [1].

Одной из мер, направленной на повышение предела выносливости сталей является дробеструйная обработка [3]. Дробеструйная обработка повышает предел выносливости дисков на 12-20%. Так же немаловажным параметром, определяющим прочностные характеристики дисков, является толщина листа материала, из которого изготавливается диск. От правильно выбранной толщины материала зависят надежность и долговечность диска, его материалоемкость и работоспособность [3].

В мировом производстве дисковых рабочих органов абразивная износостойкость лезвия практически не повышается. Это обусловлено тем, что большинство ведущих европейских производителей, как отмечалось выше, используют для их изготовления высококачественные самозакаливающиеся стали с микродобавками бора, ниобия, титана, отличающихся

высоким сопротивлением абразивному изнашиванию. Дальнейшее увеличение износостойкости лезвий неизбежно повлечет повышение стоимости дисковых рабочих органов [2].

Известны случаи изготовления долот из сталей пониженной прокаливаемости. При этом сталь 55ПП (из которой изготавливались долота) в отпущенном состоянии обладала наилучшими показателями физико-механических свойств, что значительно превышало показатели традиционно используемого материала, стали 65Г. Твердость долот составила 55...60 HRC, прочность  $\sigma_{\sigma}=2000...2400$  МПа, ударная вязкость  $a_u=0,8...1$  МДж/м<sup>2</sup> [6].

Известно, что при закалке сталей пониженной прокаливаемости предлагаемой технологией, достигается высокая степень твердости в поверхностном слое материала при вязкой его сердцевине [6]. Такая структура позволяет обеспечить высокий уровень эксплуатационных свойств изделия.

Наши исследования показывают, что при изготовлении дисков рационально использовать в качестве сырьевого ресурса сталь 60ПП. Данный материал относится к ряду сталей пониженной прокаливаемости, которые, в свою очередь, позволяют получить высокую твердость при упрочнении с использованием технологии импульсного закалочного охлаждения. Поверхностные слои подвергаются закалке на мартенсит, при твердости 63-65HRC, временное сопротивление разрыву превышает 2500МПа, ударная вязкость превышает 150 Дж/см<sup>2</sup>. В результате создается композитная структура с вязкой сердцевиной и твердой поверхностью. Приведенные показатели являются необходимыми и достаточными для повышения ресурса дисковых рабочих органов лущильников.

#### Литература

1. Сидоров С. А. Обоснование эффективных способов повышения работоспособности и износостойкости сферических дисков почвообрабатывающих машин : автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук:05.20.04 /. - М., 1996.
2. Константинов В.М., Пантелеенко Ф.И. и др. Технология упрочнения почворезущих деталей Инженер-механик №3 2005.
3. Сидоров С.А. Методика расчета рабочих органов почвообрабатывающих машин на прочность. Тракторы и сельскохозяйственные автомобили №12 2008.
4. Сидоров С.А. Методика расчета на износостойкость моно- и биметаллических почворезущих рабочих органов Тракторы и сельскохозяйственные машины, 2003, №12.
5. Сидоров С.А. Условия резания почвы резанием с образующимся почвенным ядром Техника в сельском хозяйстве №5, 2008.
6. Шилов И.Н., Бетень Г.Ф. и др. Методика сравнительной оценки технического уровня деталей рабочих органов сельскохозяйственной техники Инженерный вестник №2 2009.

УДК 620.3: 631.3

#### **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В РЕМОНТНО-ОБСЛУЖИВАЮЩЕМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

**Толочко Н.К.**, д.ф.-м.н., профессор, **Миклуш В.П.**, к.т.н., профессор  
Белорусский государственный аграрный технический университет

В последние годы нанотехнологии все шире распространяются в различных отраслях агропромышленного комплекса (АПК) [1]. В частности, значительное внимание уделяется вопросам развития нанотехнологий в ремонтно-обслуживающем производстве сельскохозяйственной техники. В настоящей статье кратко рассматриваются основные пути решения этих вопросов на факультете «Технический сервис в АПК» БГАТУ.

Перспективным направлением повышения срока службы деталей рабочих органов сельскохозяйственной техники является их поверхностное упрочнение. Сотрудниками факультета разработана технология упрочнения таких деталей, изготавливаемых из углеродистых конструкционных сталей пониженной прокаливаемости, на основе применения им-