

масла на фильтровальной бумаге (КП-капельная проба) и техническим состоянием механизмов и систем ДВС (ЦПГ, ГРМ, КШМ и СО) можно представить в следующем виде

$$\text{КП} = f(D, t, n),$$

где  $D$  – значение диагностического параметра механизма двигателя;

$t$  – наработка двигателя до взятия пробы масла,

$n$  – количество проб масла.

Использование этой методики, позволит с наименьшими затратами диагностировать механизмы и системы автотракторных двигателей.

#### **Список использованных источников**

1. Гурьянов Ю.А. Экспресс-методы диагностирования агрегатов машин по параметрам моторного масла: автореферат дис. – Челябинск, 2007. – 39 с.
2. Розбах О.В. Экспресс-диагностика качества высокощелочных моторных масел способом «капельной пробы»: автореферат дис. – Новосибирск, 2006. – 20 с.
3. Новиков Е., Кирюхин М. Анализ масел в процессе их эксплуатации. СПб, Аналитика, №3, 2005. – С. 16–18.

**УДК 631.353.722**

### **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ БЫСТРОИЗНАШИВАЮЩИХСЯ СМЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ РОТОРНЫХ КОСИЛОК**

*Студент – Красноженов Д.В., 22 мо, 4 курс, ФТС*

*Научный*

*руководитель – Василевский П.Н., ст. преподаватель*

*УО «Белорусский государственный аграрный технический  
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

**Аннотация.** В статье приведены технологические аспекты упрочнения ножей роторных косилок с применением нитроцементации для повышения конструкционной прочности и износостойкости.

**Ключевые слова:** нож, упрочнение, структурное строение, микротвердость, прочность, износостойкость.

Режущие элементы дисковых срезающих устройств роторных косилок работают преимущественно в условиях трения с ограниченной смазкой или в ее отсутствии, при наличии загрязнения абразивными частицами (песок, галька и т.д.), а также ударных нагрузок. К таким деталям относятся ножи (рисунок 1).



*a* – заготовка; *б* – после фрезерования режущих кромок и закалки

Рисунок 1 – Нож роторной косилки размерами 150×55×4 мм

В процессе эксплуатации кромка лезвийной части теряет режущие свойства, преимущественно вследствие того, что на передней поверхности ножей образуются сколы, микротрещины, зазубрины, каверны, что приводит к снижению ресурса ножей и производительности косилок.

Исследования, направленные на повышение срока службы режущих элементов роторных косилок путем нанесения на их рабочие поверхности износостойких покрытий различными методами плазменного напыления и лазерной наплавки порошковых материалов, являются актуальными и имеют важное народнохозяйственное значение.

Анализ конструкционных материалов, используемых в последние 15 лет предприятиями Республики Беларусь и других государств СНГ, свидетельствуют о преимущественном применении при изготовлении ножей недорогих марок сталей, а также об использовании традиционных методов термообработки – закалки и отпуска. Твердость изделий составляет 35–48 HRC, прочность не превышает 900–1200 МПа, ударная вязкость находится в пределах 0,2–0,6 МДж/м<sup>2</sup>. Это такие марки стали, как 45, 65 Г, 40Х и др.

Ножи роторных косилок изготавливают в основном из конструкционных сталей с большим содержанием углерода (стали 65Г), как правило, с последующей термической обработкой, обеспечивающей их следующие механические свойства:  $\sigma_B > 600$  МПа,  $KCU=30$  Дж/см<sup>2</sup>, 40–50 HRC). Низкая ударная вязкость ножей может вызвать их разрушение при встрече с камнями, металлическими предметами либо другими препятствия при движении косилки. Поскольку скорость вращения ножей велика, то отделившаяся часть, вылетев из-под защитного кожуха, может причинить ущерб и вред здоровью оператору машины. Наличие марганца в таких сталях, образующего твердый раствор в железе, увеличивает прочность и твердость изделий, заметно повышая их упругие свойства [1].

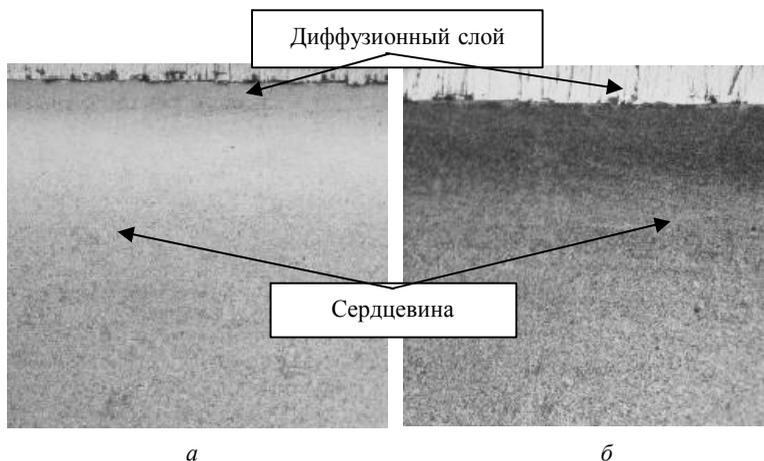
Из наиболее доступных легированных конструкционных сталей с высокой ударной вязкостью для изготовления ножей являются мартенситные стали 33ХС ( $\sigma_B = 880$  МПа,  $KCU = 59$  Дж/см<sup>2</sup>) и 30ХГСА

( $\sigma_B = 1670$  МПа,  $KCU = 75$  Дж/см<sup>2</sup>), которые обеспечивают высокую прочность при достаточном запасе пластичности и вязкости ножей.

Для повышения твердости и износостойкости ножей одним из методов это нитроцементация с последующей термической обработкой. Ключевым фактором использования данной технологии для упрочнения служит микроструктура диффузионного слоя, состоящая из карбидов и нитридов, повышающих режущие свойства ножей.

Упрочняющая обработка ножей заключается в предварительном диффузионном насыщении стали углеродом и азотом (нитроцементация) с последующей закалкой и низким отпускком. В качестве насыщающей среды использовали смесь, состоящую из порошков древесного угля, железосинеродистого калия и активатора. Смесь порошков вместе с ножами помещали в контейнер и выдерживали при температуре 810 °С.

После химико-термической и термической обработки (закалка, низкий отпуск) диффузионный слой состоял из остаточного аустенита, мелкодисперсных карбидов и нитридов в мелкоигольчатой мартенситной матрице. Сердцевина изделия представляла собой мелкоигольчатый мартенсит отпуска (рисунок 2).



а – структура лезвийной части после нитроцементации и закалки;

б – структура лезвийной части после низкого отпуска.

Рисунок 2 – Микроструктура стали 30XГСА ( $\times 200$ )

Общая толщина упрочненного слоя, состоящего из наружного двухфазного с дисперсными выделениями вторичной фазы и однофазного прочно связанного с основой подслоя, составляла от 20 до 24 мкм, (рисунок 3).

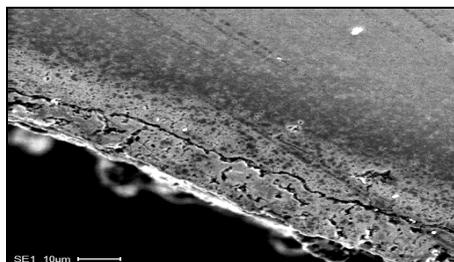


Рисунок 3 – Строение упрочненного слоя

Анализ химического состава наружной части упрочненного слоя выявил наличие в нем, в мас. %: углерода – 20, кислорода – 7, хлора – 1, хрома – 2,7 и железа – остальное (рисунок 4). Содержание углерода во внутренней части упрочненного слоя (в подслое) снижается до 4 мас. %.

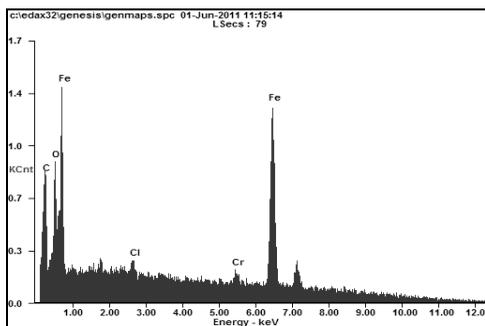


Рисунок 4 – Элементный состав наружной части упрочненного слоя

Термомодиффузионное упрочнение с термической обработкой позволили получить высокие механические свойства поверхности и сердцевины ножей. Микротвердость диффузионного слоя после нитроцементации составила 9000 МПа, а сердцевины 6000 МПа. После низкого отпуска наблюдалось снижение твердости диффузионного слоя, которое обусловлено выделением углерода из пересыщенного твердого раствора и образованием карбидов. Также это связано с уменьшением термических и структурных напряжений, возникших при термической обработке.

К числу современных высококонцентрированных энергетических технологий упрочнения поверхностей металлических деталей относится электроискровое легирование (ЭИЛ), позволяющее получать упрочненные слои с уникальными физико-механическими и триботехническими свойствами (рисунок 5, а), а также лазерная модификация поверхности (рисунок 5, б).



Рисунок 5 – Нож роторной косилки после электрошлакового легирования режущих кромок (а) и лазерной модификации (б)

В результате приведенных методов упрочнения ножей роторных косилок микротвердость поверхности лезвий увеличивается в несколько раз, что позволяет добиться эффекта самозатачивания. При этом обеспечивается относительно плавный переход от слоев, имеющих повышенную твердость, к слоям, сохраняющим свою пластичность. Всё это позволит улучшить качество среза на более длительный срок, а также в несколько раз увеличить ресурс ножей.

#### Список использованных источников

1. Зеленин В.А., Василевский П.Н. Технологии упрочнения быстроизнашивающихся сменных деталей роторных косилок. Современные методы и технологии создания и обработки материалов: Сб. научных трудов. В 3 кн. Кн. 1. Материаловедение / редколлегия: В.Г. Залеский (гл.ред.) [и др.]. – Минск : ФТИ НАН Беларуси, 2020. – 236 с. : ил.

УДК 339.18

### ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЛОГИСТИКИ В СИСТЕМЕ АПК

*Студент – Несстер Р.Д., 22 мо, 4 курс, ФТС*

*Научные*

*руководители – Василевский П.Н., ст. преподаватель;*

*Мисько В.Г., ст. преподаватель*

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

**Аннотация.** Статья рассматривает основные направления и особенности функционирования логистики в системе агропромышленного комплекса.

**Ключевые слова:** логистика, агропромышленный комплекс, материальный поток, оптимизация.

Основной целью логистики АПК является обеспечение получения (доставки) сельскохозяйственной продукции и/или продукции переработки