

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ НОЖЕЙ КОРМОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА КПК-3000

В.В. Ивашко¹, В.С.Голубев¹, А.А. Дюжев², Н.Ф. Соловей²

¹ Физико-технический институт НАН Беларуси, ² РКУП «ГСКБ»

В процессе уборки растительной массы ножи кормоуборочных комбайнов испытывают абразивный, эрозионный и коррозионный износ, вызывая затупление режущей кромки и образование зазора между ножами и противорежущей пластиной. Данное обстоятельство вызывает в процессе работы дополнительные нагрузки на механизмы комбайна, повышенный расход горючего, снижает скорость уборки и качество измельчаемой травяной массы.

Важным условием эффективной работы режущего инструмента в данных условиях является создание условий для самозатачивания. С этой целью режущие кромки ножей кормоуборочных комбайнов упрочняют методами наплавки или термической обработки.

Для повышения эксплуатационных свойств ножей ПО «Гомсельмаш» использует индукционную наплавку, нанося на режущую кромку слой сплава типа ПГ-С27 толщиной 0,7-1,0 мм и шириной 20 мм, твердость которого составляет 54 ед. HRC. Режимы оплавления подобраны таким образом, что после охлаждения твердость основного материала составляет 35-40 HRC.

Фирма «Lund» (Германия) применяет оригинальные методы нанесения износостойких карбидов хрома и вольфрама на режущие кромки ножей кормоуборочных комбайнов. Металлографические исследования таких покрытий показали, что толщина их составляет 0,2-0,3 мм, а твердость отдельных составляющих микроструктуры 800-1600 HV. По результатам химического анализа предполагается, что материалом для изготовления таких ножей служит сталь (40-50)ХМ. Твердость стали после нанесения покрытия и термоупрочнения составляет 45-55HRC.

Следует отметить, что питающе-измельчительный аппарат импортных комбайнов по способу резания существенно отличается от отечественного. Также можно отметить существенную разницу полевых угодий, используемых для выращивания кормов. Наличие камней, неровностей, металлических предметов во время уборки трав на наших полях во многих случаях приводят к преждевре-

менному выходу из строя или к поломке ножей.

На основании проведенного анализа технологических процессов, характера износа и причин преждевременного выхода ножей из строя были сделаны следующие предположения:

1. Для получения износостойкого композиционного покрытия ножа, содержащего в своем составе материалы с твердостью равной либо близкой к твердости карбида вольфрама, могут быть использованы методы индукционной или лазерной наплавки, лазерного легирования или лазерной термической обработки на глубину не более 0,5-0,7 мм.
2. Рабочая часть ножей должна обладать достаточно высокой твердостью (50-56 HRC) и ударной вязкостью, исключая при этом хрупкое выкрашивание режущих элементов ножа в процессе работы.

Для проведения исследований были выбраны серийно используемые листовые заготовки из сталей 65Г и 40Х. Ножи, изготовленные из данных сталей с целью их упрочнения, подвергали высокочастотной термической обработке, включающей нагрев режущей кромки, закалку и отпуск. Выбор режимов нагрева осуществляли на основании предварительных исследований. Для этого образцы нагревали на установке электроконтактного нагрева УКН-3, позволяющей моделировать любые термические циклы по заданной программе. Регистрацию и измерение температуры осуществляли с помощью электронного самопишущего прибора КСП-4 и хромель-алюмелевых термопар диаметром 0,2 мм. На основании проведенных исследований ножи из стали 40Х закалывали с температур, обеспечивающих объемное упрочнение режущей части ножей до 52-55 HRC, при сохранении работы разрушения 150-180 Дж. Сталь 65Г упрочняли до 60HRC, при этом ударная вязкость составляла $KCU=8-14 \text{ Дж/см}^2$.

Поверхностное упрочнение ножей лазерной закалкой проводилось на CO_2 – установке непрерывного действия «Комета-2» с выходной мощностью ~ 1 кВт. С целью предотвращения отпуска в

процессе лазерного нагрева было предусмотрено принудительное охлаждение водой предварительно упрочненной части ножа. Сканирование лазерным лучом поверхности проводили в диапазоне скоростей 5-30 мм/с. Минимальный шаг нанесения лазерных дорожек составлял ~1-2 мм. Металлографический анализ показал, что при минимальных скоростях сканирования наблюдается частичное оплавление поверхностного слоя. Микроструктура поверхностно-упрочненного слоя стали 40X представляет собой мелкодисперсный мартенсит и около 5% остаточного аустенита. Глубина упрочненного слоя составляла 0,5-0,8 мм, максимальная микротвердость на стали 40X – 7500 – 8000 МПа, на стали 65 Г – 8000-8500 МПа.

В процессе лазерной наплавки использовали порошок системы NiCrBSi — типа ПГСП-4. Наплавляемый слой предварительно наносился на рабочую поверхность ножа газоплазменным способом. При лазерном оплавлении твердость упрочненного слоя составляла 57-61 HRC

При лазерном легировании поверхностного слоя ножей использовали тугоплавкие карбиды и бориды на основе вольфрама, бора и др. Толщина предварительно наносимого слоя составляла ~ 0,1 мм, лазерная обработка проводилась в инертной атмосфере аргона. В результате проведенных экспериментов лучшие результаты по глубине и качеству легированных слоев были получены при диаметре пятна воздействия 1,5-2,0 мм и скорости сканирования 5-10 мм/с. При дефокусировке лазерного излучения, приводящей к увеличению пятна воздействия, происходило снижение глубины зоны легирования и ухудшалась ее однородность, повышалась шероховатость поверхности. С дальнейшим увеличением диаметра пятна расплавление поверхности не наблюдали, однако, при этом могла происходить наплавка порошкового слоя на образец. Следует отметить, что с ростом скорости сканирования происходило снижение ширины зоны расплава с 2,0 до 0,5 мм, глубины зоны термического влияния с 500 до 200 мкм. Подобное отличие в размерах зоны лазерного воздействия, по-видимому, связано с различными оптическими и теплофизическими свойствами используемых порошков, а также с модовым составом лазерного излучения. В большинстве случаев зона легирования была однородной, перемешивание легирующих элементов в расплаве происходило во всем объеме. Качество поверхности было достаточно высоким.

Ножи после объемного термического упрочнения

режущей кромки с применением высокочастотного нагрева подвергали лазерному легированию, лазерной наплавке или лазерной закалке по оптимальным режимам, а затем передавали в ГСКБ по зерноуборочной и кормоуборочной технике для проведения стендовых и полевых испытаний.

Стендовые испытания на износ проводили на специальном стенде. Лезвия ножей затачивали так, чтобы радиус режущей кромки был не более 0,1 мм. Для измерения линейного износа параллельно лезвию на расстоянии 25 мм от кромки наносилась линия, которая разбивалась 9 точками на равные участки по длине лезвия. В этих точках замеряли линейный износ ножей в процессе испытаний. Режущие кромки ножей вертикально погружались в ванну с сухим песком на глубину 80 мм. В процессе стендовых испытаний ножи совершали колебания в горизонтальной плоскости с частотой 300 колебаний в минуту. Амплитуда колебаний составляла 60 мм. Через 25 часов испытаний проводили замеры линейного износа. В результате проведения сравнительных стендовых испытаний было установлено, что ножи, претерпевшие лазерное легирование, показали повышенное сопротивление износу по сравнению с серийными ножами, используемыми в дисковом измельчителе комбайна КПК-3000.

В дальнейшем часть ножей, претерпевших объемное упрочнение с применением токов высокой частоты и поверхностное методами лазерного легирования, лазерной наплавки или лазерной закалки, были установлены на ротор измельчителя для проведения сравнительных испытаний в полевых условиях. Ножи (12 шт.) устанавливались по типу лопастей вентилятора. Линейный износ ножей и характер повреждений оценивали после наработок силосной массы в количествах 680, 1405 и 1917 тонн. После этого ножи подвергали заточке и повторно измеряли линейный износ после наработки силосной массы 800 и 1940 тонн. Было установлено, что линейный износ в зависимости от наработки силосной массы имеет экспоненциальную зависимость (рис. 1).

Из полученных данных было установлено, что в полевых условиях наибольшее сопротивление линейному износу (среднее значение по 9 точкам) показали ножи, обработанные по серийной технологии. Близкие значения были получены на ножах, претерпевших комбинированную обработку, включающую объемную закалку ТВЧ и лазерное легирование. Ножи после высокочас-

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

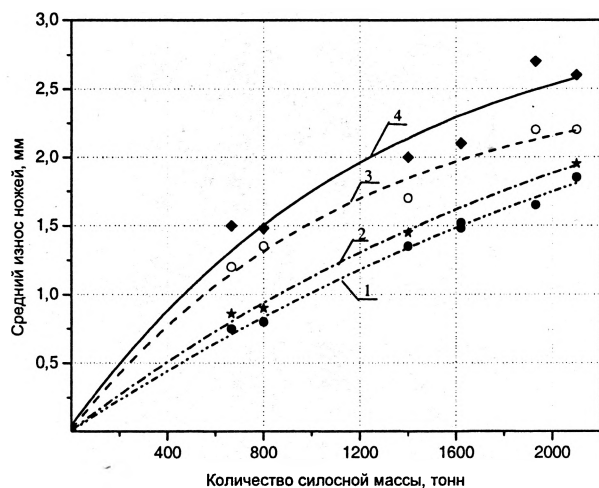


Рис. 1. Средний износ режущей кромки ножей комбайна «Полесье - 3000» в зависимости от количества заготовленной силосной массы в полевых условиях: 1 — наплавка ТВЧ сталь 65Г; 2 — лазерное легирование сталь 40Х; 3 — лазерная закалка сталь 65Г; 4 — лазерная закалка сталь 40Х

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 заковки. 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 старопашотных 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-