

КОНСТРУИРОВАНИЕ УПРОЧНЯЮЩЕГО ПОКРЫТИЯ С УЧЕТОМ РЕАЛЬНОГО ИЗНОСА ДЕТАЛИ

Н. М. Мишустин, В. В. Иванайский, Н. Т. Кривочуров, А. В. Ишков
Алтайский государственный аграрный университет,
г. Барнаул, Россия

Исследовано влияние конструкции упрочняющего покрытия и ряда технологических условий его нанесения на износ деталей посевного комплекса ПК-9,7 «Кузбасс» - стрельчатых лап. Показано, что наилучшими характеристиками и наибольшим ресурсом обладают детали упрочненные борированием при ТВЧ-нагреве, когда обмазка наносится на 2/3 обратной стороны режущей кромки лапы и ее носок.

Общеизвестно, что физико-механические характеристики большинства конструкционных материалов и покрытий, измеренные в лабораторном эксперименте, не совпадают с аналогичными параметрами изделий, выполненных из них, особенно когда речь идет об эксплуатации механизма или конструкции в реальных условиях. Иногда многократный выигрыш в прочности, износостойкости или других характеристиках материала по сравнению с контролем, полученный при его специальной обработке и определенный по стандартной ГОСТ-овской методике, при эксплуатации изделия из материала в реальных условиях проявляется в изменении потребительских характеристик на 15–20 %. Причин этому несколько: во-первых, лабораторный эксперимент не всегда адекватно воспроизводит условия реальной эксплуатации материала; во-вторых, при эксплуатации материала последний испытывает действие одновременно многих факторов, действие которых может усиливать или ослаблять друг друга; в-третьих, свойства самого материала или покрытия полученных в условиях промышленной технологии могут сильно отличаться от полупромышленного и, тем более, лабораторного образца. Не являются здесь исключением и различные упрочняющие покрытия, наносимые на рабочие поверхности почвообрабатывающих органов сельхозтехники.

Среди множества используемых в настоящее время технологий минимальной обработки почвы наибольшее распространение получили процессы, основанные на снижении глубины обработки, уменьшении интенсивности воздействия на почву, а также минимизации количества проходов почвообрабаты-

вающих агрегатов по полям, за счет совмещения нескольких технологических операций в одной машине – почвообрабатывающем комплексе (ПК), особенно в засушливых и подверженных ветровой эрозии районах страны, в частности, степной зоне Алтайского края [1]. Для осуществления основных агротехнических мероприятий по ресурсосберегающим технологиям создано множество машин, основным рабочим органом которых является стрельчатая лапа (СЛ) [2]. При этом износ СЛ, работающих в составе культиваторов, рыхлителей, сеялок и ПК, как основных почвообрабатывающих орудий, является главным параметром, снижающим не только экономические показатели, но и качество проводимых агромероприятий [3].

Ранее нами сообщалось о возможности использования таких покрытий для повышения износостойкости поверхности почвообрабатывающих органов сельхозтехники [4]. В то же время известно, что технологические особенности упрочнения почвообрабатывающего органа сильно влияют на его работу в реальных условиях [5].

Целью настоящей работы являлось конструирование упрочняющего боридного упрочняющего покрытия для стрельчатых лап, полученного при их ТВЧ-нагреве в борлирующей обмазке с учетом их износа в условиях реального полевого эксперимента.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Поверхностному упрочнению подвергались типовые СЛ, аналогичные рабочим органам сеялки-культиватора СЗС-2,1, производства ОАО «Авторемзавод Ленковский» цельноштампованной конструкции, выполненные из листа стали 65Г, толщиной 6 мм и подвергнутые объемной закалке.

В качестве обмазки для поверхностного упрочнения при скоростном борировании в условиях ТВЧ-нагрева использовалась смесь, содержащая карбид бора и плавненный флюс для индукционной наплавки П-0,66, в количестве, мас. %: В₄С от 84 до 90, П-0,66 от 16 до 10, приготовленная по [4]. Борлирующая смесь наносилась шпателем на предварительно подготовленную поверхность стрельчатой

лапы, и закреплялась с помощью жидкого стекла, казеинового клея, эпоксидного компаунда или насыщенного спирто-канифольного раствора (1,5–2,0 %), вводимых в нее за счет уменьшения количества флюса.

ТВЧ-нагрев подготовленных лап осуществляли в специальном петлевом водоохлаждаемом индукторе, подключенном к высокочастотному ламповому генератору ВЧГ 3-160/0,066. Настройка контура и геометрия индуктора обеспечивали нагрев поверхности СЛ до температуры 1300–1350 °С в течение 40–60 сек, с последующей стабилизацией. После выдержки при указанной температуре в течение от 1 до 2 мин СЛ вынимались из индуктора и далее либо остывали свободно, либо подвергались объемной закалке в масле.

Полевой эксперимент проводился в с. Семёновка Кулундинского р-на Алтайского края весной 2010 г. Поверхностно-упрочненные лапы устанавливались на культиваторную секцию почвообрабатывающего комплекса «Кузбас» ПК-9,7 как в первый, так и во второй ряд сошников, за исключением позиций по колее трактора, после чего комплексом проводился прямой посев яровой пшеницы по стерневому фону без осенней обработки. Характеристика почвы: тип – тяжелая каштановая среднесуглинистая песчаная, твердость 1,6–1,8 МПа, плотность 1090–1620 кг/м³, влажность 19–21 об. %. Средняя скорость машинно-тракторного агрегата составила 1,94–2,17 м/с.

Весовой износ определялся взвешиванием очищенных СЛ на лабораторных весах CAS MWP-3000, линейный износ – измерением размеров СЛ штангенциркулем ШЦ-III-1000-0,05, а их абрисов – курвиметром КМ.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В качестве основных технологических факторов, влияющих на износ поверхностно-упрочненных лап были исследованы: способ нанесения обмазки на поверхность лапы, предварительная подготовка поверхности, время выдержки в индукторе при оптимальной температуре, последующая термообработка. Параметрами, контролируемыми при износе СЛ в реальных условиях являлись: ширина захвата лапы (В), ширина крыла лапы (b), длина крыла лапы (l), площадь перекрытия лапы (S), средний весовой износ (m), а также качественные параметры износа поверхности лап и их отдельных участков.

Площадь перекрытия СЛ рассчитывали по формуле 1:

$$S = \sqrt{p(p-B)(p-l_1)(p-l_2)}, \quad (1)$$

где: $p=1/2(B+l_1+l_2)$ - полусумма сторон проек-

ции стрелчатой лапы, В – ширина захвата, l_1, l_2 – длины левого и правого крыла СЛ, а относительный износ по выбранному параметру (I_x) – по формуле 2:

$$I_x, \% = \left(1 - \frac{X_{изн.}}{X_0}\right) \times 100, \quad (2)$$

где: $X_{изн.}$ - значение контролируемого параметра у изношенной лапы, X_0 – исходное значение параметра СЛ.

Изношенные поверхностно-упрочненные СЛ сравнивали с контрольными образцами, в качестве которых выступали объемно закаленные СЛ с твердостью поверхности 24 HRC₃ и коммерческие СЛ, последовательно подвергнутые традиционному упрочнению путем объемной закалке, поверхностной ТВЧ-закалке и электроискровому поверхностному легированию спеченным сплавом ВК5, с твердостью поверхности до 52 HRC₃. Варианты нанесения борирующей обмазки на режущую кромку СЛ приведены в таблице 1.

Всего было исследовано шесть вариантов нанесения борирующей обмазки (I–VI – первая позиция шифра) с предварительной зачисткой поверхности СЛ и без (П, БП – третья позиция), при выдержке в индукторе 1 и 2 мин (1, 2 – вторая позиция), с последующей объемной закалкой СЛ или без нее (З, О – последняя позиция шифра). Шифр конкретной схемы упрочнения включает все перечисленные технологические факторы, например, I-2-П,О означает, что СЛ была покрыта борирующей смесью по варианту I, выдержана в индукторе 2 мин, поверхность перед борированием была подготовлена (зачищена) – П, а после борирования деталь остывала на воздухе – О. Данные по износу различных поверхностно-упрочненных СЛ относительно контроля приведены в таблице 2.

В полевом эксперименте ПК было обработано 400 га, что составило 12,5 га наработки на каждую СЛ культиваторной секции. Это свидетельствует о тяжелых условиях работы ПК в засушливый весенний период 2010 г. на почвах исследованного типа и повышенном износе коммерческих СЛ (как объемно закаленных, так и упрочненных традиционным способом) – рисунок 1.

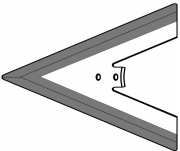
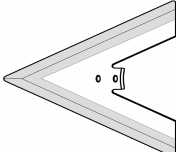
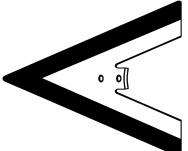
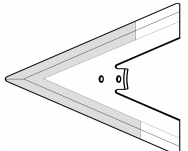
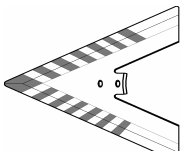
Внешний вид коммерческих СЛ, приведенный на рисунке 1, свидетельствует, что традиционная технология поверхностного упрочнения почвообрабатывающего органа не дала желаемого результата, в то время как СЛ, поверхностно-упрочненная при нанесении борирующей смеси на 2/3 обратной стороны режущей кромки и носок лапы, выдержанная в

КОНСТРУИРОВАНИЕ УПРОЧНЯЮЩЕГО ПОКРЫТИЯ С УЧЕТОМ РЕАЛЬНОГО ИЗНОСА ДЕТАЛИ

индукторе 2 мин, с предварительно зачищенной под борирование поверхностью и объемно закаленной после ТВЧ-нагрева практически сохранила исходную геометрию, а ее износ незначителен (таблица 2).

Как следует из таблицы 2, влияние исследованных технологических факторов на износ упрочненного рабочего органа в реальных условиях неоднозначен.

Таблица 1 – Варианты нанесения борирующей обмазки на стрелчатую лапу ПК

Схема нанесения обмазки	Вариант, описание
	I, нанесение на лицевую сторону
	II, нанесение на обратную сторону
	III, нанесение на обе стороны
	IV, нанесение на 2/3 обратной стороны
	V, нанесение на 2/3 обратной стороны и носок
	VI, нанесение полосок на 2/3 лицевой стороны

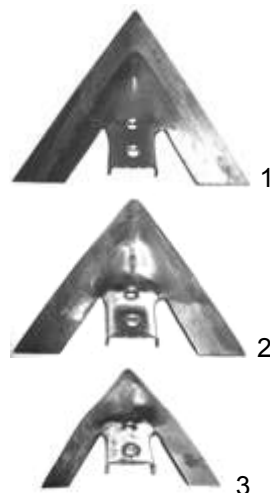


Рисунок 1 – Фотографии стрелчатых лап: 1 – исходная лапа до испытаний; 2 – упрочненная по схеме IV-1-БП,3 после испытаний; 3 – коммерческая (производства ОАО «Автомобильный завод Ленковский») после испытаний

Таблица 2 – Относительный износ поверхностно-упрочненных стрелчатых лап

Шифр	Износ по параметру I_x , %					Постановка на ПК
	B	b	l	S	m	
I-2-БП,О	12,1	17,2	20,7	33,8	28,6	первый ряд
II-1-П,О	12,7	27,9	21,5	33,4	34,5	второй ряд
III-1-БП,О	12,3	16,8	20,9	34,9	28,6	первый ряд
V-2-БП,3	9,9	8,8	13,7	23,5	19,1	первый ряд
V-1-П,3	9,3	16,3	13,2	25,2	25,0	второй ряд
IV-1-БП,О	27,4	33,8	30,0	49,4	44,1	первый ряд
IV-2-П,О	28,2	52,3	33,3	51,8	55,9	второй ряд
I-1-БП,О	8,4	11,1	13,6	23,5	20,2	первый ряд
VI-2-П,3	25,9	36,4	31,3	50,5	35,7	первый ряд
контроль	19,9	43,6	32,5	50,4	40,5	второй ряд

Так, вне зависимости от варианта нанесения обмазки на поверхность СЛ, у всех поверхностно-упрочненных образцов наблюдается износ от 8 до 27 % по отдельным размерным параметрам, в то время как контрольные СЛ в аналогичных условиях (как подвергнутые объемной закалке, так и трехступенчатому упрочнению) изнашиваются от 25 до 40 %. У СЛ, упрочненных нанесением обмазки по вариантам I, II, IV, V наблюдается полное срабатывание фрезерованной кромки, образование обратной фаски (примерно одинаковой ширины 4–6 мм для всех вариантов нанесения обмазки), самозатачивание кромки лезвия. У СЛ с III вариантом нанесения обмазки наблюдается меньшее изменение формы носка, чем у вариантов I–V, однако исчезает эффект самозатачивания, наблюдается затупление лезвия с радиусом кромки 1,3–1,5 мм, что совпадает с литературными данными для почв исследованного типа [6].

Наилучшую износостойкость продемонстрировали СЛ, упрочненные нанесением обмазки по варианту IV и, особенно, V (таблица 2). В первом случае износ по отдельным размерным параметрам не превысил 13–16 %, во втором составил менее 10 %. У этих лап в процессе изнашивания практически не изменяется геометрия носка, наблюдается высокое самозатачивание и минимальный износ крыльев по ширине и длине, сохранение ресурса при их постановке как в первый, так и во второй ряд культиваторной секции ПК.

У СЛ, упрочненных по VI варианту нанесения обмазки, несмотря на выдержку в индукторе 2 мин, зачистку поверхности перед борированием и последующую закалку, наблюдается катастрофический износ (более 50 %) по отдельным размерным параметрам, близкий по величине к контрольным образцам, кроме того схожи и формы изношенных лап. Это свидетельствует об определяющем влиянии на износ сплошности упрочняющего покрытия.

Из таблицы 2 видно, что между износом одинаково поверхностно-упрочненных СЛ по отдельным размерным параметрам существует определенная взаимосвязь, и, несмотря на большие значения некоторых параметров (I_b , I_s , I_l), СЛ все же сохранили свою работоспособность до конца эксперимента. Это свидетельствует о более сильной связи ра-

ботоспособности изнашиваемой СЛ не с ее отдельными геометрическими параметрами, а со способностью к сохранению общей стреловидной формы, стойкостью носка и режущей кромки СЛ по всей длине крыла, суммарным износом всей площади СЛ. Поэтому для характеристики износа и сравнения работоспособности СЛ в реальных условиях лучше использовать не отдельные показатели износа по определенным параметрам, а интегральные показатели - износ площади перекрытия лапы (I_s) и средний весовой износ (I_m), кроме того, необходимо контролировать и изменение ее стреловидной формы.

Таким образом, проведенные исследования позволили установить характер влияния отдельных технологических факторов, способа и места нанесения упрочняющего покрытия на износ стрелчатых лап в условиях реального полевого эксперимента.

ВЫВОДЫ

1. На износ стрелчатых лап, подвергнутых поверхностному упрочнению при скоростном борировании при ТВЧ-нагреве, оказывают влияние следующие технологические факторы: способ нанесения борлирующей обмазки на поверхность лапы, предварительная подготовка поверхности, время выдержки в индукторе при оптимальной температуре, последующая термообработка. При этом износ лап по отдельным параметрам на ПК-9,7 «Кузбасс» составляет величину 8–27 %, что увеличивает их ресурс по сравнению с коммерческими образцами в 2–3 раза.

2. Обнаружен катастрофический износ упрочненных лап при нанесении борлирующей обмазки на поверхность ее режущей кромки не сплошным слоем. Предложено износ поверхностно-упрочненных лап характеризовать интегральными показателями - износом площади перекрытия лапы (I_s) и средним весовым износом (I_m).

3. Оптимальным сочетанием технологических факторов, обеспечивающим минимальный износ поверхностно-упрочненных стрелчатых лап является сплошное нанесение борлирующей обмазки на предварительно зачищенные 2/3 обратной стороны режущей кромки лапы и ее носок, выдержка в индукторе при оптимальной температуре в течение 2 мин и последующая объемная закалка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беляев В.И. Ресурсосберегающие технологии - основа эффективного земледелия. // Алтай: Село и город. -2006. -№ 6. -С.26-27.

2. Циммерман М.З. Рабочие органы почвообрабатывающих машин. -М.: Машиностроение, 1978. -295 с.

3. Инаекян С.А., Рогозников П.А., Цепулин В.А., Гасилин В.И., Коломиец В.В., Дворников В.Н., Хальков В.П. Повышение ресурса культиваторных стрельчатых лап. // Тракторы и сельскохозяйственные машины. -1991. -№ 10. -С. 7-8.

4. Ишков А.В., Кривочуров Н.Т., Мишустин Н.М., Иванайский В.В., Максимов А.А. Износостойкие боридные покрытия для почвообрабатывающих органов сельхозтехники. // Вестник АГАУ. - 2010. - № 10. -С. 85-88.

5. Винокуров В.Н., Ларин Г.И. Исследование влияния длины носка лемеха и угла наклона затылочной фаски лезвия на глубину пахоты и тяговое сопротивление. // Тракторы и сельскохозяйственные машины. -1973. -№ 3. -С. 20-22.

6. Ткачев В.Н. Износ и повышение долговечности деталей сельскохозяйственных машин. -М.: Машиностроение, 1971.