



УДК 631.171:631.5;621.785.5

**А.В. Ишков,
Н.Т. Кривочуров,
Н.М. Мишустин,
В.В. Иванайский,
А.А. Максимов**

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ИЗНОС ПОВЕРХНОСТНО-УПРОЧНЕННЫХ СТРЕЛЬЧАТЫХ ЛАП

Ключевые слова: поверхностное упрочнение, борирование, ТВЧ-нагрев, почвообработка, стрельчатая лапа, технология, износ.

Введение

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 почвообрабатывающих 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 были исследованы структура и свойства покрытий, образующихся на поверхности углеродистых легированных сталей при ТВЧ-нагреве в различных бо-

рирующих средах, и сообщалось о возможности использования таких покрытий для повышения износостойкости поверхности почвообрабатывающих органов сельхозтехники [4, 5]. В то же время известно, что технологические особенности упрочнения почвообрабатывающего органа сильно влияют на его работу в реальных условиях [6].

Целью работы являлось исследование влияния различных факторов технологии поверхностного упрочнения стрельчатых лап при скоростном борировании в условиях ТВЧ-нагрева на параметры их износа в условиях 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 плавный флюс для индукционной наплавки П-0,66, в количестве, мас. %: B_4C – от 84 до 90, П-0,66 – от 16 до 10 [5]. Борированная 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%), 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°C в течение 40-60 с с последующей стабилизацией. После выдержки при указанной температуре в течение от 1 до 2 мин. СЛ вынимали из индуктора и далее остывали свободно либо подвергали 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 ряды 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 – 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, контролируруемыми при износе, являлись: ширина захвата лапы (B), 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:

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

где $p = 1/2(B + l_1 + l_2)$ – полусумма сторон проекции стрелчатой лапы;

B – ширина захвата;

l_1, l_2 – длины левого и правого крыльев СЛ.

Относительный износ по выбранному параметру (I_x), %:

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

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 борлирующей обмазки на режущую кромку СЛ приведены в таблице 1.

Всего было исследовано шесть вариантов нанесения борлирующей 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 борлирующей 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 всего 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).

Таблица 1

Варианты нанесения борирующей обмазки на стрелчатую лапу

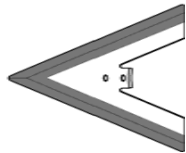
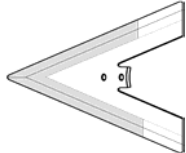
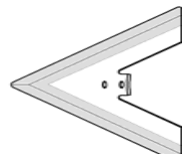
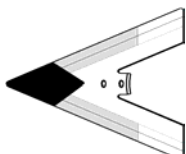
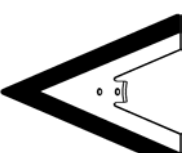
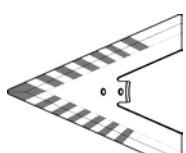
Вариант	Схема нанесения обмазки	Описание	Вариант	Схема нанесения обмазки	Описание
I		Нанесение на лицевую сторону	IV		Нанесение на 2/3 обратной стороны
II		Нанесение на обратную сторону	V		Нанесение на 2/3 обратной стороны и носок
III		Нанесение на обе стороны	VI		Нанесение полосок на 2/3 лицевой стороны

Таблица 2

Относительный износ поверхностно-упрочненных стрелчатых лап

Шифр	Износ по параметру I_x , %					Схема установки на ПК
	<i>B</i>	<i>b</i>	<i>l</i>	<i>S</i>	<i>m</i>	
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
III-2-П,О	19,1	22,4	29,6	41,2	33,3	второй ряд
V-2-БП,З	9,9	8,8	13,7	23,5	19,1	первый ряд
V-1-П,З	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
I-1-БП,З	13,4	13,1	18,9	31,1	22,6	второй ряд
VI-2-П,З	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

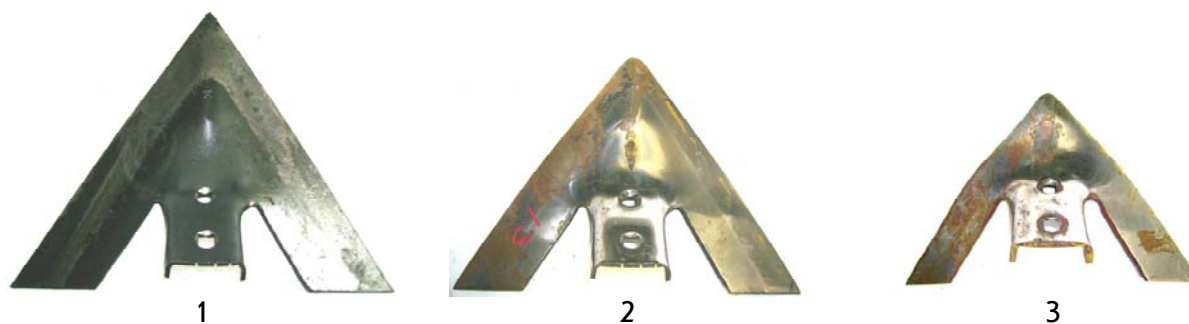


Рис. Фотографии изношенных стрелчатых лап:

1 – исходная лапа; 2 – упрочненная по схеме IV-1-БП,З после испытаний;
 3 – коммерческая (производства ОАО «Авторемзавод Леньковский»), подвергнутая объемной закалке, поверхностной ТВЧ-закалке и электроискровому упрочнению, HRC₃ = 52 после испытаний

Внешний вид коммерческих СЛ, представленных на рисунке, свидетельствует, что традиционная технология поверхностного упрочнения почвообрабатывающего органа не дала желаемого результата, в то время как СЛ, поверхностно-упрочненная при нанесении борлирующей смеси на 2/3 обратной стороны режущей кромки и носок лапы, выдержанная в индукторе 2 мин. с предварительно зачищенной под борирование поверхностью и объемно закаленная после ТВЧ-нагрева, практически сохранила исходную геометрию, а ее износ незначителен (табл. 2).

Из данных таблицы 2 следует, что влияние исследованных технологических факторов на износ упрочненного рабочего органа в реальных условиях неоднозначен. 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, наблюдаются 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 [7].

Наилучшую износостойкость продемонстрировали СЛ, упрочненные нанесением обмазки по варианту IV и особенно V (табл. 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, наблюдаются высокое самозатачивание и минимальный износ крыльев по ширине и длине, сохранение ресурса при их постановке как в первый, так и во второй ряды 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 из-

нос (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.

Данные таблицы 2 свидетельствуют о том, что между износом одинаково поверхностно-упрочненных СЛ по отдельным размерным параметрам существует определенная взаимосвязь, и, несмотря на большие значения некоторых параметров ($I_B, I_{B'}, I_l$), СЛ все же сохранили свою работоспособность до конца эксперимента. Это свидетельствует о более сильной связи работоспособности 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 на износ поверхностно-упрочненных СЛ в реальных полевых условиях.

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

ми показателями – износом площади перекрытия лапы (I_s) и средним весовым износом (I_m).

3. Оптимальным сочетанием технологических факторов, обеспечивающим минимальный износ поверхностно-упрочненных стрельчатых лап, являются сплошное нанесение борирующей 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.

Библиографический список

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

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

3. Инаекян С.А. Повышение ресурса культиваторных стрельчатых лап / С.А. Инаекян, П.А. Рогозников, В.А. Цепулин, В.И. Гасилин, В.В. Коломиец, В.Н. Дворников, В.П. Хальков // Тракто-

ры и сельскохозяйственные машины. – 1991. – № 10. – С. 7-8.

4. Иванайский В.В. Влияние природы борирующего агента, флюсов и активаторов на характеристики покрытий, полученных при скоростном борировании легированных сталей / В.В. Иванайский, А.В. Ишков, Н.Т. Кривочуров, А.А. Максимов, Н.М. Мишустин // Ползуновский вестник. – 2010. – № 3. – С. 142-146.

5. Ишков А.В. Износостойкие боридные покрытия для почвообрабатывающих органов сельхозтехники / А.В. Ишков, Н.Т. Кривочуров, Н.М. Мишустин, В.В. Иванайский, А.А. Максимов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – № 9. – С. 71-75.

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

7. Ткачев В.Н. Износ и повышение долговечности деталей сельскохозяйственных машин / В.Н. Ткачев – М.: Машиностроение, 1971. – 264 с.



УДК 537.228.1(088.8)

Ю.В. Кандрин,
О.В. Цымбалист

АНАЛИЗ ОТРАЖАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ АКУСТИЧЕСКОГО ДАТЧИКА

Ключевые слова: акустический тракт, звуковое давление, удельная чувствительность, ультразвуковые колебания, отражающие грани.

В ультразвуковых устройствах контроля измеряемую величину воспринимает первичный преобразователь – акустический датчик. Он является единственным элементом устройства, имеющим непосредственный контакт с измеряемым объектом (жидкие удобрения, волокнистый продукт и т.д.) [1, 2]. В основном свойства первичного преобразователя обуславливают свойства всей системы контроля в целом и поэтому имеют решающее значение при построении устройств, предна-

значенных для применения в промышленности и сельском хозяйстве [2, 3]. Проведем анализ акустического тракта датчика.

Наклонное расположение приемной поверхности датчика определено требованиями, которые необходимо выполнять при измерениях звукового давления в волне. А при контроле плотности среды следует обеспечить отсутствие интерференции прямых и отраженных от приемника волн в зоне размещения контролируемого изделия.

Учитывая симметрию акустических полей реальных вибраторов, имеет смысл использования двух отражающих граней, расположенных в соответствии с рисунком 1.