

ЭФФЕКТИВНАЯ КОНСТРУКЦИЯ УПРОЧНЕННОЙ НОСОВОЙ ЧАСТИ СТРЕЛЬЧАТЫХ ЛАП ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ОРУДИЙ

*В.Ф. Аулов, канд. техн. наук, зав.лаб.,
Н.Т. Кривочуров, канд. техн. наук, В.В. Иванайский, канд. техн. наук,
А.В. Ишков, докт. техн. наук, канд. хим. наук
(ГНУ ГОСНИТИ РАСХН, Тел. 8-499-174-83-04; e-mail: gosniti@mail.ru)
А.В. Соколов, аспирант
(ФГБОУ ВПО Алтайский государственный аграрный университет)*

Аннотация. Предложена новая конструкция носовой части сварной стрелчатой лапы из стали 50ХГА, которая упрочнена индукционной наплавкой твердого порошкового материала ПС-14-60, помещенного в технологическую разделку кромок ее заготовки. Опытная стрелчатая лапа характеризуется повышенной в 1,5-2,5 раза износостойкостью носовой части, сохраняет при работе стреловидную форму и имеет сниженное на 10 % тяговое усилие.

Ключевые слова: стрелчатая лапа, индукционная наплавка, износостойкость, тяговое сопротивление.

Введение

В настоящее время одним из основных типов орудий для обработки почвы, устанавливаемых на универсальные почвообрабатывающие комплексы (ПК) и различные почвообрабатывающие орудия (ПО), наряду с дисковыми и анкерными рабочими органами, являются плоскорежущие стрелчатые лапы (СЛ) [1]. Большинство СЛ изготавливают штампованной или сварной конструкции с последующим упрочнением режущих кромок (лезвия) индукционной или плазменной наплавкой, электроискровым методом, а также поверхностной и объемной закалкой [2].

Основной проблемой при эксплуатации СЛ является то, что носовая часть этого почвообрабатывающего орудия, по отношению к его крыльям, изнашивается в 1,5-2,5 раза быстрее, вследствие чего происходит выбраковка всей СЛ из-за носовой части, несмотря на то, что ее крылья остаются еще вполне работоспособными. Поэтому, например, такие известные фирмы как, *John Deer*, *Keverland* и др. (США, Канада) в штампованной конструкции СЛ в ее носовой части технологически осуществляют утолщение металла на 3-4 мм по сравнению к крыльям, а в ОАО «АНИТИМ» (РФ) в сварной конструкции СЛ упрочнение ее носовой части осуществляют, помещая в разделку кромок будущего сварного соединения сормайт или подобные ему материалы [3].

Перечисленные технологические приемы, используемые различными фирмами-изготовителями сельхозтехники, прежде всего, направлены на повышение износостойкости СЛ, однако они же приводят и к увеличению стоимости СЛ, росту тягового сопротивления при обработке почвы на 6-10 %, росту расхода ГСМ и, окончательно, к увеличению себестоимости сельскохозяйственной продукции. Поэтому для повышения режущих свойств, улучшения крошения почвы и уменьшения неравномерности износа носовой части СЛ по отноше-

нию к ее остальным частям, нами были предложены новые технологические подходы, позволившие предложить эффективную конструкцию упрочненной носовой части СЛ [4].

Целью настоящей работы являлась разработка, и исследование эффективной конструкции, упрочненной ТВЧ-наплавкой носовой части стрельчатой лапы почвообрабатывающего орудия, скорость изнашивания которой была бы сопоставима с износом остальных частей этого почвообрабатывающего органа.

Экспериментальная часть

Упрочнение носовой части СЛ осуществлялось ТВЧ-наплавкой порошкового материала ПС-14-60 - псевдосплава аналогичного по составу высокохромистому белому чугуну, из шихты, содержащей 85 мас. % твердого сплава и 15 мас. % плавленого боратного флюса АСМ. Для наплавки использовался высокочастотный промышленный генератор ВЧГЗ-160/0,066 на следующих режимах: анодный ток 10 А, сеточный ток 2,5 А, анодное напряжение 10-12 кВ.

Для исследований использовали стрельчатую лапу СЗС-2.1 сварной конструкции, производства ОАО «АНИТИМ». СЛ изготавливали из товарного проката стали 50ХГА толщиной 6 мм, заготовки крыльев лапы в носовой части снизу сваривали встык плавящимся проволочным электродом из стали Св08ГС в среде CO_2 , а сверху - наплавляли псевдосплав ПС-14-60, который помещали в технологическую разделку кромок заготовки СЛ длиной 75-80 мм и осуществляя его плавление высокочастотным электромагнитным полем.

Одновременно осуществляли закалку крыльев СЛ в индукторе специальной конструкции, позволяющем совмещать технологические операции: индукционную наплавку, ТВЧ-нагрев лезвия под закалку и последующий низкий отпуск [4]. Для этого выключение ТВЧ-генератора производили в момент, когда температура в зоне наплавки твердого сплава достигала температуры 1100-1200 °С. Окончательную закалку СЛ осуществляли в масле И-20 после полной кристаллизации наплавленного износостойкого слоя. При этом температура лезвия из стали 50ХГА перед закалкой составляла 840-860 °С.

Для контроля температуры шихты и поверхности упрочняемой детали использовали хромель-алюмелевые микротермопары ХА с диаметром шарика 0,2 мм, которые с помощью конденсаторной контактной сварки приваривали к детали или на 3/4 погружали в шихту.

У полученных покрытий была исследована микроструктура (МИМ-7), макро- и микротвердость (ТР 5006М и ПМТ-3, нагрузка 100 г), фазовый (ДРОН-2) и химический состав (спектрометр UV FOUNDRI-MASTER).

Результаты и их обсуждение

Известно, что затвердевание высокохромистого чугуна протекает как процесс кристаллизации паяного шва в капилляре. Образование металлических связей между атомами стали и чугуна характерно для кристаллизации наплавленных швов, соединяющих разные по химическому составу и структуре материалы, так как зона сплавления (внутренняя поверхность кромок) нагревается до температуры плавления износостойкого сплава и частично перемешивается с основным металлом. Поэтому для разработки новой эффективной конструкции носовой части СЛ нами исследовались особенности формирования паяного соединения низколегированной стали с хромистым чугуном, на примере сталей 50ХГА, Св08ГС и порошковой механической смеси для получения твердого сплава ПС-14-60, и структуры металла, образующиеся в зоне сплавления этих материалов.

На рис. 1 изображена типичная схема распределения твердости и микротвердости наплавленного материала ПС-14-60 в сварном шве, полученном в носовой части СЛ по описанной выше технологии.

Рис. 1. Схема распределения твердости и микротвердости наплавленного сплава марки ПС-14-60 в сужающемся капилляре из стали 50ХГА

Как видно из рис. 1, в наплавленном твердом сплаве по всей длине (~80 мм) носовой части СЛ образуется незначительная усадочная раковина, другие дефекты отсутствуют, а твердость по высоте шва распределена неравномерно. В процессе кристаллизации металла образовались три характерные зоны: 1) зона равноосных кристаллов, расположенных по всей внутренней поверхности кромки и перпендикулярно к ней; 2) зона крупных кристаллов (дендритов), занимающих 1/3 площади шлифа, расположенных в нижней части «слитка»; 3) зона мелких дендритов, составляющих 2/3 поверхности «капилляра», располагающаяся в верхней части наплавленного твердого сплава. Кроме того, в поле шлифа обнаруживаются нерасплавившиеся частицы феррохрома.

В первой зоне дендриты располагаются перпендикулярно стенкам кромок по всему периметру. Это объясняется тем, что теплоотвод осуществляется в основной металл, а в нижней части - в сварной шов. Возникновение крупных кристаллов в нижней части (зона 2), по сравнению с верхней (зона 3), можно пояснить тем, что в составе шихты находились частицы феррохрома, которые плавятся после расплавления основной массы твердого сплава и, обладая меньшей плотностью, чем расплав, поднимаясь вверх, играют роль инкулирующих добавок (микрохолодильников), что и обеспечивает возникновение в третьей зоне мелких дендритов, располагающихся хаотично.

В зоне сплавления могут образоваться и общие зерна (кристаллиты), состоящие частично из основного металла и твердого сплава, имеющие одинаковую кристаллографическую ориентацию. Исходя из общих положений физического металловедения, такой процесс относится к кристаллизации на анизотропной подложке.



Рис. 2. Участки образования общих зерен высокохромистого чугуна, полученного при плавлении смеси ПС-14-60 и низколегированной стали Св08ГС (увеличение 500*)



Зона	2	3	4	5
Микротвердость, Нк	870	790	410	460

В данном случае наблюдается совместимость кристаллизации в зоне сплавления высокохромистого чугуна со сталью, когда соединяемые материалы имеют одну и ту же кристаллическую решетку, но существенно отличаются между собой по содержанию химических элементов. Такие кристаллиты на некоторых участках зоны сплавления были обнаружены нами и для исследованной системы высокохромистого чугуна ПС-14-60 и низколегированной стали Св08ГС (рис. 2).

На рис. 3 приведено экспериментальное распределение микротвердости в основных зонах, полученного ТВЧ-наплавкой твердосплавного покрытия, позволяющее более детально исследовать особенности его строения.

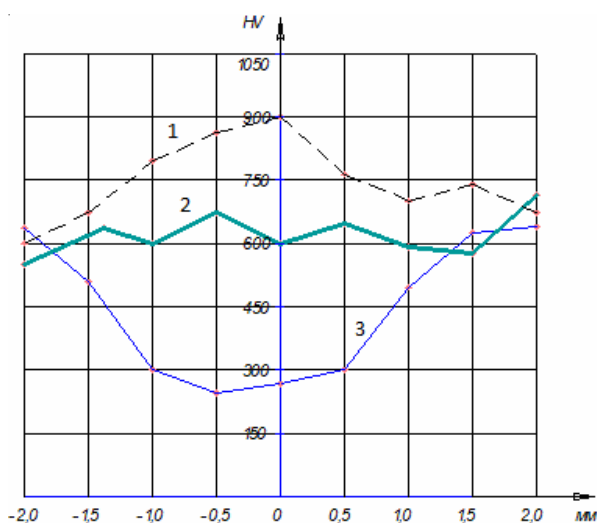


Рис. 3. Распределение микротвердости от центра сужающегося капилляра наплавленного сплава ПС-14-60 в стали 50ХГА (цифрами отмечены кривые для соответствующих зон)

Значительная микротвердость в носовой части СП наблюдается в 1-й характерной зоне (рис. 3, кривая 1). Это обусловлено тем, что частицы твердого сплава обеспечивают расплавленный металл углеродом и частично легируют его хромом, что позволяет, в пределах диффузии углерода, исключить образование неоднородных дендритных структур.

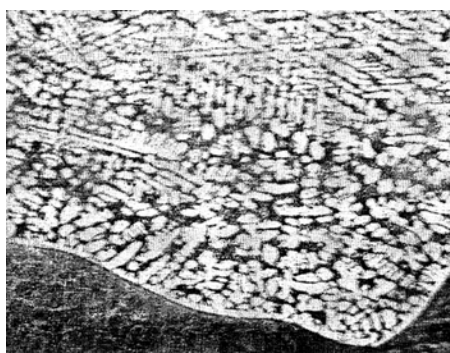
Там, где диффузионного действия углерода недостаточно, частицы феррохрома перестают выполнять роль инокулирующих добавок и в шве формируется дендритная структура с пониженной твердостью (рис. 3, кривая 2). Вероятность образования (по площади сечения капилляра) дендритной структуры вызвана количеством разбавленного основного металла в расплаве твердого сплава.

Третья характерная зона затвердевшего капилляра характеризуется максимальным разбавлением твердого сплава основным металлом.

На рис. 4. показано состояние границы первой и второй (а) и границы между третьей зоной и основным металлом (б) с образовавшимися на них неоднородными дендритными структурами.



а)



б)

Рис. 4. Сформированные дендритные структуры на границе первой и второй зон (а) и между твердым сплавом и основным металлом в третьей зоне (б) (увеличение 500*)

При этом кристаллизующиеся дендритные зерна по форме и размеру значительно отличаются от дендритов второй зоны (рис. 4б). Поэтому центральная

часть наплавленного слоя значительно отличается от тех аустенитных зерен, которые формируются у стенок капилляра из твердого сплава (рис. 4а).

Рентгенофазовым анализом установлено, что в составе заэвтектической, эвтектической и доэвтектической зон присутствуют б- и г- фазы. Послойным исследованием наплавленного материала установлено, что основным карбидом во всех зонах является соединение типа $(Cr,Fe)_7C_3$ а карбид $(Cr,Fe)_3C$ - образует лишь отдельные включения.

Химический состав основной заэвтектической зоны следующий:

C > 4,50%; Si - 2,50%; Mn - 1,23%; Cr - 31,20.

На основе разработанной нами технологии была подготовлена опытная партия СЛ типа СЗС 2.1, у которых носовая часть имела новую конструкцию и была упрочнена порошковым материалом ПС-14-60. Для определения относительной износостойкости носовой части СЛ почвообрабатывающими орудиями выполнялись основные агротехнические мероприятия в посевную кампанию 2012 г. в различных районах Алтайского края. Носовая часть опытных СЛ не претерпела значительного износа, а сами почвообрабатывающие орудия сохранили стреловидную форму при наработке до 22 га вне зависимости от места их установки на ПК (вне колесного следа, по следу сеялки или по следу трактора) и от плотности почвы (d_n), которая варьировалась от 1,23 до 1,83 г/см³.

Проведенные весной 2013 г. дополнительные полевые испытания стрельчатых лап, носовая часть которых была упрочнена по новой технологии, показали снижение тягового усилия при обработке ими почвы до 8-10 % и повышение износостойкости носовой части СЛ в 1,5-2,5 раза по отношению к ее крыльям.

Таким образом, примененное нами совмещение нескольких технологических операций позволило сократить время изготовления одной СЛ на 70-80 %, уменьшило расход электроэнергии на 25-30 %, высвободило дополнительную рабочую силу, что привело к снижению стоимости СЛ. Кроме того, полученная в результате новая конструкция носовой части СЛ, характеризуется отличным от аналогов строением металла, его свойствами и повышенной износостойкостью при обработке почвы.

Выводы

1. Разработана новая эффективная конструкция упрочненной носовой части стрельчатой лапы почвообрабатывающего орудия. Носовая часть стрельчатой лапы из стали 50ХГА толщиной 6 мм сваривается встык снизу проволочным электродом из стали Св08ГС в среде CO₂, а сверху в технологическую разделку кромок длиной 75-80 мм наплавляется псевдосплав ПС-14-60.

2. У новой конструкции носовой части стрельчатой лапы исследована макро- и микроструктура, состав и свойства упрочняющего покрытия. Покрытие в сечении представляет собой твердосплавный сужающийся капилляр, состоящий из 3-х характерных зон, отличающихся строением и фазовой неоднородностью. Макро- и микротвердость упрочняющего покрытия в зонах различаются в 1.5-2 раза.

3. Стрельчатая лапа новой конструкции характеризуется повышенной в 1,5-2,5 раза износостойкостью носовой части, сохраняет стреловидную форму при наработке до 22 га и имеет сниженное на 8-10 % тяговое усилие.

Литература

1. *Ткачев В.Н.* Износ и повышение долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин [Текст]: /В.Н. Ткачев. –М.: Машиностроение, 1984.

2. *Ерохин М.Н.* О совершенствовании конструктивных параметров рабочих органов плуга [Текст]: / М.Н. Ерохин, В.С. Новиков // Вестник МГАУ. -2005. -№ 1. -С. 25-31.

3. *Ишков А.В.* Получение износостойких и защитных покрытий на рабочих поверхностях почвообрабатывающих органов сельхозтехники: современное состояние и перспективные направления исследований (обзор) [Текст]: /А.В. Ишков, В.В. Иванайский, Н.Т. Кривочуров, Н.М. Мишустин, А.С. Шайхудинов. // Научные исследования: информация, анализ, прогноз: монография. -Кн. 35. -Гл. X. / Под общ. ред. О.И. Кирикова. -Воронеж: Изд-во ВГПУ, 2011, -С. 156-176.

4. Способ изготовления почвообрабатывающей лапы (варианты) [Текст]: Пат. РФ № 2397849 / В.В. Иванайский, Н.Т. Кривочуров, А.С. Шайхудинов, А.П. Балаганский, М.В. Бедарев. Опубл. 27.08.2010, Бюл. № 24.

EFFICIENT CONSTRUCTION OF THE STRENGTHENED FORE-DECK OF ARROW-SHAPED ORGANS OF SOIL-CULTIVATING IMPLEMENTS

*V.F. Aulov, N.T. Krivochurov, V.V. Ivanajskij,
A.V. Sokolov, A.V. Ishkov*

Annotation. *The new design of a fore-deck of a welded arrow-shaped pad from steel 50ХГА (in Russian) which is strengthened by induction overlaying welding of the solid powdered material ПС-14-60 (in Russian) placed in technological cutting of ridges of its preparation is offered. The trial arrow-shaped pad is characterized by the wear resistance of a fore-deck increased in 1,5-2,5 time, stores at work of arrow-shaped form and has the attractive force reduced on 10 %.*

Keywords: *arrow-shaped organs, induction overlaying welding, wear resistance, a draught resistance.*