

СОВМЕСТНАЯ ИНДУКЦИОННО-ДУГОВАЯ НАПЛАВКА РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬХОЗМАШИН

В. В. Иवानайский, Н. Т. Кривочуров, А. С. Шайхудинов, А. В. Ишков
Алтайский государственный аграрный университет,
г. Барнаул, Россия

Исследованы структура и свойства покрытия из твердого сплава ПГ-С27, полученного совместной индукционно-дуговой наплавкой на рабочие органы сельхозмашин. Установлено, что после индукционной наплавки сплава на поверхность стали 65Г и его последующей переплавки расходуемым графитовым электродом, происходит науглероживание наплавленного слоя, улучшение его структуры, повышение твердости и износостойкости.

Износостойкость рабочих органов почвообрабатывающей и кормоперерабатывающей сельскохозяйственной техники: лап культиваторов и сеялок, долотообразных лемехов, молотков кормодробилок и др., упрочненных индукционной наплавкой твердыми сплавами, в частности высоколегированными хромистыми белыми чугунами, сильно зависит от однородности структуры наплавленного слоя и состояния границы его раздела с основным металлом. Установлено, что одним из главных факторов, влияющих на структуру и свойства наплавленного металла вблизи его границы с основным материалом упрочняемой детали, которая хорошо выражена в методах индукционной наплавки, является размер (протяженность) доэвтектической зоны, образующейся вследствие разбавления наплавляемого сплава материалом основы, изменения его химического состава и увеличения содержания в легированном чугуне железа [1]. Предложенные нами ранее технические решения, в основном направлены на устранение условий возникновения нежелательной структуры в наплавляемом защитном покрытии и не решают данную проблему, так как они не влияют на основной процесс диффузионного разбавления и уменьшения содержания углерода в системе [2, 3]. Введение же дополнительного углерода непосредственно в состав шихты для индукционной наплавки, повышает его содержание в упрочненном слое незначительно, так как элемент расходуется на другие пирометаллургические процессы – восстановление, раскисление, шлакование и флюсование, скорость которых

на 1–2 порядка выше, чем растворение углерода в высоколегированном хромистом белом чугуне [4].

Целью данной работы являлось исследование изменения структуры и свойств наплавленного твердого сплава после дополнительного воздействия на него электрической дугой графитового электрода и отработка технологии совместной индукционно-дуговой наплавки рабочих органов сельхозмашин твердым сплавом.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для проведения исследований из товарного проката стали 65Г вырезали заготовки размером 90*60*6 мм на которые наносили наплавочную шихту состоящую из 85 мас. % твердого сплава ПГ-С27 и 15 мас. % плавленного флюса для индукционной наплавки П-0,66. Шихта наносилась слоем толщиной 2,5–3,0 мм и шириной 20 мм специальным дозатором. Подготовленные образцы помещали в петлевой индуктор и производили наплавку твердого сплава на средних режимах промышленного высокочастотного генератора ВГЗЧ-160/0,066. Далее на части наплавленных образцов производили переплав наплавленного слоя твердого сплава под воздействием электрической дуги постоянного тока, зажигаемой между наплавленной поверхностью образца и заостренным графитовым расходуемым электродом \varnothing 10 мм. Источник питания – инвертор САИ-200, полярность обратная, сила сварочного тока 80 А, напряжение дуги 25 В.

У полученных образцов исследовались: микроструктура наплавленного слоя, состояние и протяженность границы его раздела с основным металлом (МИМ-7, 300 \times) и распределение микротвердости наплавленного слоя по глубине (ПМТ-3, 100 г).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

При использовании обратной полярности электрической дуги на постоянном токе при переплавке с помощью графитового электрода осуществляется науглероживание поверхностного слоя [5]. В данном случае

вводимый в материал углерод не расходуется на параллельные процессы, а изменяет химический состав, структуру и свойства высоколегированного чугуна.

Для исследования процесса науглероживания наплавленного слоя его дуговой переплав производили до середины образцов, остальную часть наплавленных образцов оставляли без изменения (рисунок 1). Из образцов, подвергнутых совместно индукционной наплавке и дуговому переплаву наплавленного износостойкого слоя дугой графитового электрода вырезали темплеты для металлографических исследований на которых также исследовали и распределение микротвердости в зоне сплавления.

На рисунке 2 приведены структуры слоя твердого сплава ПГ-С27 на стали 65Г, образовавшиеся после индукционной наплавки (а) и после дополнительного переплава под действием дуги графитового электрода (б).

При традиционном способе упрочнения поверхности металла (только одна индукционная наплавка) в наплавленном слое высоколегированного заэвтектического белого чугуна в зоне сплавления наблюдается ярко выраженная структура доэвтектического чугуна. Ее образование вызвано подплавлением поверхностного слоя основного металла при индукционном нагреве, его частичному смешению с наплавляемым материалом и взаимной диффузией элементов между слоями, которые приводят к уменьшению содержания углерода в этой зоне, увеличению содержания железа и смещению состава системы на диаграмме состояния Fe-C в доэвтектическую область [6]. В то же время, после воздействия электрической дуги графитового (расходуемого) электрода, как следует из рисунка 2, б – в наплавленном слое отсутствуют нежелательные структуры доэвтектической зоны.

Кроме того, происходит изменение формы и размеров карбидных включений, а также несколько увеличивается протяженность границы раздела основной металл – наплавленный слой. Размер карбидных включений уменьшается, а их форма более приближается к вытянутой ланцетовидной [7].

Об активизации диффузионных процессов и увеличении содержания углерода в системе свидетельствует и зависимость микротвердости наплавленного слоя от расстояния до границы его раздела с основным материалом, приведенная на рисунке 3.

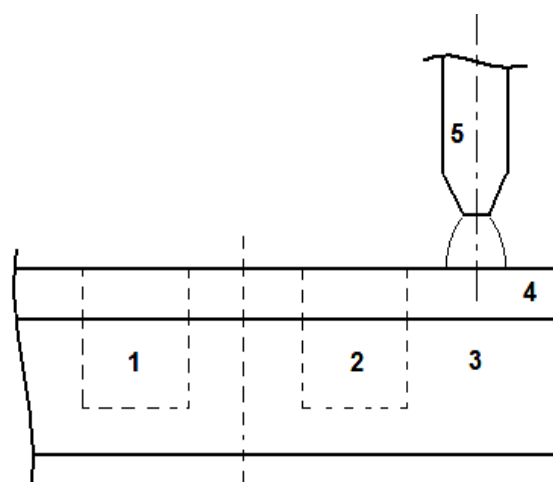


Рисунок 1 – Схема переплава твердого сплава: 1, 2 – участки для металлографических исследований, 3 – основной металл, 4 – наплавленный слой твердого сплава, 5 – графитовый электрод

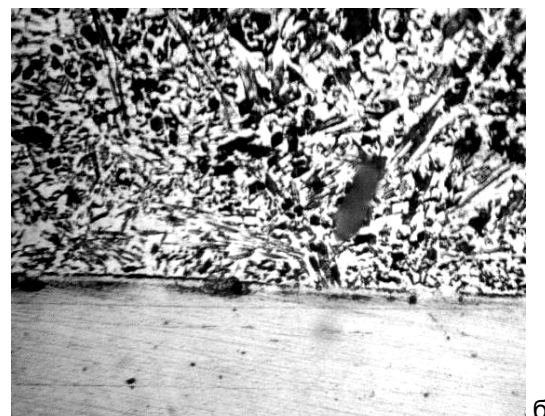
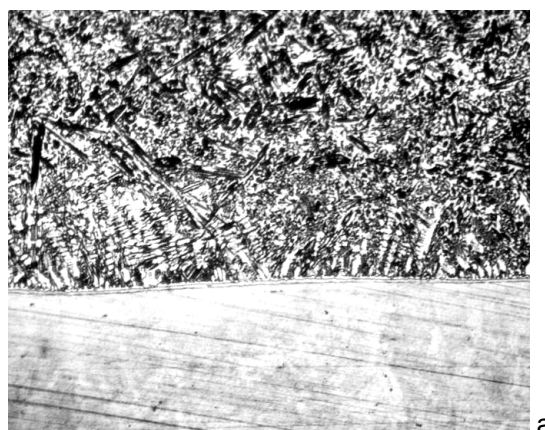


Рисунок 2 – Структура наплавленного слоя до переплава (а), и после его переплавления электрической дугой графитового электрода (б)

СОВМЕСТНАЯ ИНДУКЦИОННО-ДУГОВАЯ НАПЛАВКА РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬХОЗМАШИН

Как следует из рисунка 3, в результате дополнительного насыщения наплавленного слоя углеродом изменяется не только общая твердость поверхностного слоя, но и его характеристики в зоне сплавления. Из-за более высокой дисперсности получающейся карбидной фазы (рисунок 2), локальная микротвердость в этой зоне биметаллического соединения 65Г – ПГ-С27 становится практически одинаковой по всей толщине наплавленного слоя в отличие от варианта упрочнения только с одной индукционной наплавкой. Граница раздела основной металл (граничная полоса в индукционной наплавке) – наплавленный слой при науглероживании и перемешивании дугой графитового электрода увеличила свою протяженность почти в 1,5 раза.

Выявленные особенности изменения структуры и свойств упрочняющих поверхностных слоев, полученных совместным проведением индукционной наплавки твердого сплава ПГ-С27 и его переплав дугой графитового электрода позволяют рекомендовать их для нанесения на рабочие органы сельскохозяйственных машин, работающих в условиях тяжелого абразивного износа и знакопеременных ударных нагрузок. В этом случае равномерно высокая твердость наплавленного слоя и его структура позволят обеспечить более длительную эксплуатацию упрочненного органа без замены, а более широкая граница раздела между основным конструкционным материалом (сталью 65Г) и наплавленным твердым слоем (науглероженным твердым сплавом ПГ-С27) – уменьшит вероятность разрушения отслаивания упрочняющего покрытия и повысит стойкость к ударным нагрузкам.

Для отработки технологии совместной индукционно-дуговой наплавки рабочих органов сельхозмашин описанные выше упрочняющие покрытия были получены на поверхности носка стрелчатой лапы сеялки-культиватора СЗС-2,1, производства ОАО «АНИТИМ» (г. Барнаул) в два приема. Сначала производилась индукционная наплавка твердого сплава на верхнюю поверхность носка лапы, затем переплав полученного покрытия графитовым электродом на выбранных режимах. Упрочнение только одного носка лапы, подверженного наиболее сильному износу, и сильнее чем другие части стрелчатой лапы влияющего на ее износ в реальных условиях [8], позволяет сохранить приемлемые для производителя технико-экономические и временные параметры технологии упрочнения выбранного рабочего органа.

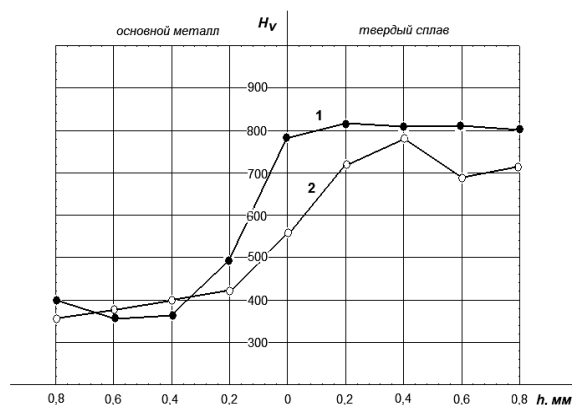


Рисунок 3 – Распределение микротвердости твердого сплава ПГ-С27, наплавленного на сталь 65Г по глубине покрытия: 1 – после переплава дугой графитового электрода, 2 – без переплава

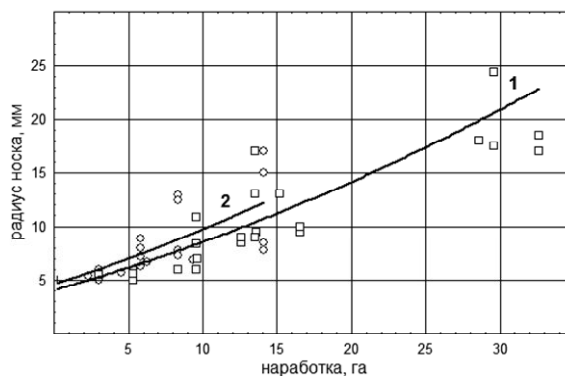


Рисунок 4 – Износ носка упрочненных (1) и контрольных (2) рабочих органов СЗС-2,1 в 2008–09 г. г.

Исследование изнашивания и формоизменения опытных и контрольных лап проводилось в 2008–09 г.г. в период весеннего сева на полях СХА ПЗ «Шумановский» Немецкого национального района Алтайского края (степная зона края). В этом районе края преобладают черноземы южные малогумусные маломощные средне- и легкосуглинистые песчанистые, с содержанием физического песка 13–16 % в слое от 0 до 10 см. На момент испытания сеялкой СЗС-2,1 проводился посев пшеницы по стерне пшеницы. Твердость (H , МПа), плотность (d , кг/м³) и влажность (W , об. %) обрабатываемого слоя почвы следующие: $H = 1,22–1,87$; $d = 1040–1530$; $W = 21–24$. Скорость машинотракторного агрегата при испытаниях составляла 1,94–2,17 м/с. Изменение износа носка

упрочненных и контрольных рабочих органов, в зависимости от наработки, приходящейся на один рабочий орган, представлено графически на рисунке 4.

Наблюдения за изнашиванием рабочих органов показывают, что его интенсивность этого процесса различается для упрочненных и контрольных рабочих органов. Как видно из рисунка 4., при наработке 10 га износ носка стрелчатой лапы сеялки-культиватора СЗС-2,1 по радиусу составляет 7 мм и 10 мм для упрочненного и контрольного органа. А к окончанию испытаний он составил 11 и 14 мм, соответственно при этом наработка упрочненных лап к этому моменту достигла 32,5 га, в то время как у контрольных только 12,5 га. Разброс опытных значений обусловлен испытанием рабочих органов с разной схемой их постановки в почвообрабатывающий комплекс и различными физико-механическими характеристиками почвы по годам. По графикам на рисунке 4 также видно, что зависимость износа носка от наработки близка к линейной.

Таким образом, проведенные исследования показали, что совместное применение индукционной наплавки с последующим дуговым переплавом графитовым электродом твердого сплава ПГ-С27, нанесенного на носок стрелчатой лапы позволяют получать упрочненные рабочие органы сельхозтехники с технологическими характеристиками сравнимыми с контрольными и превосходящими их по износостойкости в 1,3–2,6 раза (в зависимости от контролируемого параметра или наработки).

ВЫВОДЫ

1. При воздействии электрической дугой графитового электрода (обратная полярность, $I = 80$ А, $U = 25$ В) на наплавленный твердый сплав из группы высоколегированных хромистых белых чугунов происходит его интенсивное науглероживание, приводящее к

устранению поверхностной доэвтектической зоны сплава.

2. Структура наплавленного слоя становится более дисперсной, включения карбидов уменьшаются на 30–40 % а микротвердость по сечению слоя принимает постоянные значения как в зоне сплава, так и на поверхности.

3. Совместное использование индукционной наплавки твердого сплава ПГ-С27 и дуговой переплавки образовавшегося покрытия графитовым электродом на поверхности стрелчатых лап из марганцевой стали 65Г позволяет получать в 1,3–2,6 раза более износостойкие рабочие органы сельхозтехники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ткачев В. Н., Фиштейн Б. Ч., Казинцев Н. В., Алдырев Д. А. Индукционная наплавка твердых сплавов. - М.: Машиностроение, 1970.
2. Иванайский В. В., Кривочуров Н. Т., Желтунов М. Г., Коваль А. В. Индукционная наплавка на частоте 880 кГц. // Сварочное производство. - 2009. - № 7. - С. 22-23.
3. Иванайский В. В., Кривочуров Н. Т., Иванайский Е. А. Контроль температуры плавления многокомпонентной шихты. // Сварочное производство. - 2007. - № 9. - С. 11-12.
4. Тимошенко В. П. Разработка технологии индукционной наплавки с регулируемым тепловложением. Автореф. дисс. канд. техн. наук. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 1989. 12 с.
5. Думов С. И. Технология электрической сварки плавлением. - М.: Машиностроение, 1978. С. 157-159.
6. Колесов С. Н. Материаловедение и разработка конструкционных материалов. - М.: Высшая школа, 2004.
7. Арзамасов Б. Н. Материаловедение. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003.
8. Ишков А. В., Кривочуров Н. Т., Мишустин Н. М., Иванайский В. В., Максимов А. А. Влияние технологических факторов на износ поверхностно-упрочненных стрелчатых лап. // Вестник АГАУ. - 2010. - № 10. - С. 85-88