

# ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА



УДК 631.171:631.5; 621.791.923

**В.В. Иванайский,  
А.В. Ишков,  
Н.Т. Кривочуров,  
В.П. Тимошенко,  
А.А. Иванайский**

## О ВЫБОРЕ СТАЛЕЙ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ОРГАНОВ СЕЛЬХОЗТЕХНИКИ, УПРОЧНЯЕМЫХ МЕТОДОМ ИНДУКЦИОННОЙ НАПЛАВКИ

**Ключевые слова:** почвообрабатывающие органы, сельхозтехника, индукционная наплавка, сталь, свариваемость, микроструктура, структурная неоднородность, износ.

### Введение

Как известно, свойства готового изделия или его деталей, полученных в промышленном производстве, могут определяться не только самим материалом, но и зависеть как от технологии, выбранной для его переработки, так и от других факторов [1]. Зачастую, в параметры как материала, так и технологического процесса, по различным причинам может вмешиваться оператор, что приводит к проявлению одного из самых неконтролируемых факторов – «человеческого» [2]. Не является здесь исключением и трудоемкое, малоавтоматизированное производство почвообрабатывающих органов (ПОО) сельскохозяйственных машин.

Поэтому актуальной является разработка методики, позволяющей подбирать марку той или иной стали по ее технологическим свойствам в производственных условиях сельхозпредприятия без химического анализа.

В технологии изготовления ПОО сельхозтехники значительное место занимает упрочнение их поверхности индукционной наплавкой (ИН), которая и определяет до 80-90% ресурса готового изделия.

В последние годы скорость обработки почвы возросла с 7 до 12 км/ч, а иногда и до 15-18 км/ч [3]. В связи с этим значительно увеличились и нагрузки на рабочие органы, работающие в условиях интенсивного, абразивного и ударно-абразивного изнашивания [4]. Поэтому возникла производственная необходимость быстрого и простого выбора оптимальных сталей для изготовления ПОО из ассортимента известных материалов, а также разработки новых сталей

для последующего их упрочнения методом ИН с повышенной износостойкостью и с обеспечением условий минимального влияния на образование структурной неоднородности в наплавленном слое при ИН.

Цель работы состояла в разработке технологического теста, предназначенного для быстрого выбора марки стали для изготовления ПОО сельхозмашин, упрочняемых ИН.

#### Экспериментальная часть

Для исследований использовали образцы из листового проката сталей 65Г и 50ХГА (ГОСТ 14959-79) и стали Ст3 (ГОСТ 380-71), наиболее часто подвергаемых упрочнению методом индукционной наплавки и используемых для производства ПОО на предприятиях Алтайского края.

В качестве материала для упрочняющего покрытия были выбраны порошки твердых сплавов и псевдосплавов типа высокохромистых белых чугунов марок ПГ-С27, ПГ-УС27, ПС-14-60 (ГОСТ 21448-75, ТУ 48-19-122-74) производства ОАО «Торезтвердосплав» (г. Торез, Украина).

Упрочнение подготовленных образцов осуществляли индукционной наплавкой смеси выбранного сплава и плавящего флюса для индукционной наплавки завода АСМ (г. Рубцовск), нанося шихту, содержащую 85 масс.% твердого сплава и 15 масс.% флюса.

Для индукционной наплавки и выплавки новой стали использовали высокочастотный промышленный генератор ВЧГЗ-160/0,066 на следующих режимах: анодный ток – 10 А, сеточный ток – 2,5 А, анодное напряжение – 10-12 кВ. Изготовление проб на свариваемость (сплавляемость) сталей осуществляли в петлевом водоохлаждаемом медном индукторе диаметром 160 мм.

Плавку новой стали производили в графито-шамотном тигле Ø 150 мм, помещенном в индуктор, добавляя к стали Ст3 рассчитанное количество ферросплавов (ФХ001Б, ФМн88, ФТи70). Химический состав новой стали определяли с помощью рентгенофлуоресцентного спектрометра Альфа-2000 (ALPHA SERIES™, США).

Из полученных образцов вырезали темплеты, готовили микрошлифы и исследовали их микроструктуру (МИМ-7) и микротвердость (ПМТ-3, нагрузка 100 г) по общепринятым методикам.

#### Результаты и их обсуждение

Для поиска оптимальных из известных марок сталей и разработки новых материалов, предназначенных для изготовления ПОО сельхозтехники, упрочняемых ИН, нами предлагается оригинальная методика (технологический тест).

#### Методика проведения теста на свариваемость (сплавляемость)

Из исследуемой стали и стали-эталоны изготавливают прямоугольные образцы размером (20-30) × (50-70) мм и толщиной, определяемой характеристиками поставляемого проката. Более длинную кромку образцов обрубает, срезают или фрезеруют так, чтобы она имела форму клина, образующего с их основной плоскостью острый угол 17-27°. Затем совмещают подготовленные образцы так, чтобы сформировался V-образный раздел их кромок, после чего сталь-эталон (например 65Г) сваривают плавящимся электродом в стык с исследуемой сталью (например Ст3) снизу для предотвращения вытекания твердого сплава так, чтобы сверху образовалась кромка длиной 50-70 мм с углом раскрытия 35-55°.

В образовавшийся раздел кромок сталей насыпают наплавочную шихту, содержащую твердый сплав, которым в дальнейшем предполагается упрочнять исследуемую сталь и флюс, после чего осуществляют ИН подготовленного образца на выбранных режимах.

После охлаждения образца из него вырезают темплеты, содержащие как наплавочный материал, так и обе стали, готовят микрошлифы для металлографических исследований, содержащие в одном поле все три материала и исследуют структуру зоны сплавления (рис. 1).

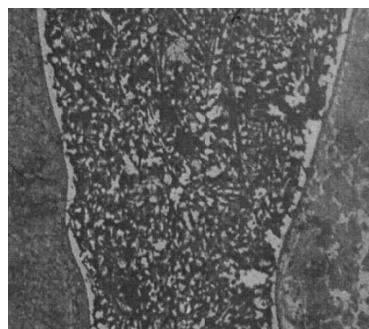


Рис. 1. Микроструктура (×250) сая стали 65Г, твердого сплава ПГ-УС27 и стали Ст3 (слева направо)

С помощью разработанного теста на свариваемость (сплавляемость) были исследованы стали 65Г, Ст3, 50ХГА и наплавочные материалы ПГ-С27, ПГ-УС27, ПС-14-60, широко применяемые для изготовления ПОО, упрочняемых ИН.

Так, результаты металлографического исследования триметаллической системы 65Г/ПГ-УС27/Ст3 показали, что со стороны стали 65Г не наблюдалось образования традиционной для метода ИН перлитной каемки, характерной однако для стали Ст3.

Поэтому можно утверждать, что по этому параметру структурной неоднородности в наплавленном слое сталь 65Г обладает заведомо лучшими свойствами при индукционном упрочнении [5].

Аналогичные пробы можно провести и с другими марками сталей, используемых при изготовлении рабочих органов сельхозтехники. На рисунке 2 приведены микрофотографии структуры, образующейся при соединении стали 65Г со сталью 50ХГА посредством твердого сплава ПГ-С27 методом ИН.

Как видно из рисунка, в системе триметалла 65Г/ПГ-С27/50ХГА со стороны стали 65Г в структуре наплавленного твердого сплава уже наблюдается характерная структура доэвтектического чугуна, а со стороны стали 50ХГА подобной структуры на границе твердый сплав-сталь не обнаружено. Наличие доэвтектической структуры, как известно, связано с разбавлением граничной области твердого сплава основным металлом при его частичном подплавлении при ИН [6]. Подобная структура характеризуется пониженной износостойкостью на 15-25% по сравнению с основной структурой сплава (эвтектической) и 30-40% – по сравнению с его заэвтектической (желательной) структурой.

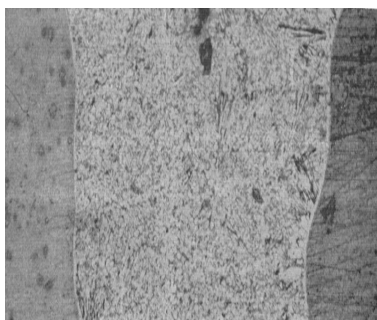


Рис. 2. Микроструктура ( $\times 300$ ) спая стали 65Г, твердого сплава ПГ-С27 и стали 50ХГА (слева направо)

Полученные в этой пробе результаты свидетельствуют, что по этому параметру структурной неоднородности сталь 50ХГА имеет преимущество перед сталью 65Г при ее упрочнению методом ИН.

Для выявления корреляции полученных результатов с таким макропараметром упрочненных методом ИН сталей, как износостойкость, были проведены натурные испытания рабочих органов типа стрельчатых лап, упрочненных ИН твердых сплавов.

В данном случае оценивались износостойкость материалов, используемых для соединения сталей при изготовлении рабочих органов, и их возможность в период всей эксплуатации сохранять геометрическую форму для обеспечения оптимальных

условий выполнения агротехнических мероприятий.

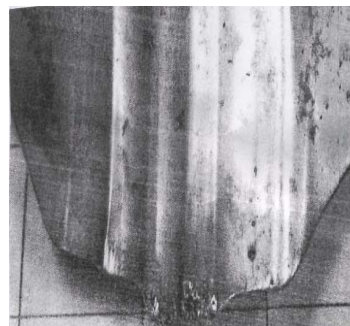


Рис. 3. Характерный износ носовой части сварных стрельчатых лап, выполненных из стали 50ХГА: а – в разделку кромок из сплава ПГ-С27; б – разделка кромок заварена проволокой Св08Г2С  $\varnothing 1,5$  мм

Как показали проведенные нами испытания, в полевых условиях, независимо от почвенных условий, влажности и скорости движения машинно-тракторного агрегата, износ сварных стрельчатых лап из стали 50ХГА и упрочненных ИН сплавом ПГ-С27 слоем 1-1,5 мм, помещенным в разделку сварных кромок, или сплавом Св08Г2С, со стороны их носовой части происходит с одинаковой интенсивностью с обеих сторон (рис. 3а, б).

В полевых условиях была оценена и относительная износостойкость сталей 50ХГА и 65Г, соединенных с одной стороны сваркой, а с другой – ИН псевдосплавом ПС-14-60, в одном рабочем органе (рис. 4).

Как следует из рисунка 4, в данном случае более интенсивней износ происходит со стороны стали 65Г (после изготовления лапа была подвергнута термообработке: нагрев – 860°C, низкий отпуск – 150-250°C).

Как показали проведенные исследования, сталь 50ХГА по свариваемости и износостойкости имеет лучшие технологические свойства при ее упрочнении методом ИН из-за того, что температура начала плавления у нее выше, чем у стали 65Г (также распространена при изготовлении ПОО), на



20-30<sup>0</sup>С. Это позволяет производить наплавку при более интенсивном нагреве и получать в наплавленном слое меньшую долю доэвтектической структуры твердого сплава, чем на стали 65Г.

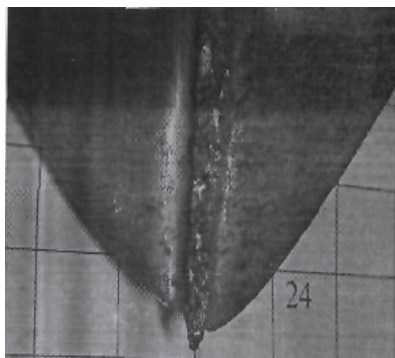


Рис. 4. Относительный износ двух материалов в одинаковых условиях в составе одного ПОО (сталь 65Г — слева, сталь 50ХГА — справа)

В то же время при наплавке сплавом ПГ-С27 со стороны стали Ст3 возникает перлитная прослойка, а в стали 50ХГА она отсутствует, границная полоса имеет меньшие размеры, чем у стали 50ХГА. Это позволяет предложить состав новой стали для изготовления ПОО сельхозмашин, упрочняемых методом ИН, состав которой для уменьшения структурной неоднородности наплавленного твердого сплава и управления размерами граничной полосы скорректирован по содержанию углерода и легирующих элементов и дополнительно содержит титан до 0,4-0,5%.

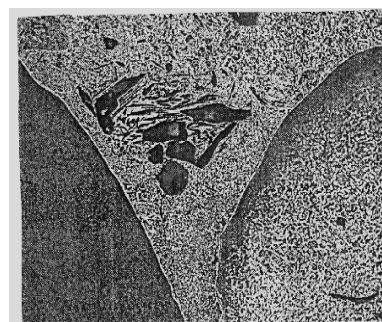
С помощью разработанного технологического теста на свариваемость (сплавляемость) можно также быстро оценить и пригодность новых марок сталей, упрочняемых ИН, по критериям структурной неоднородности наплавленного слоя.

Так, при индукционной плавке в графито-шамотном тигле нами была подготовлена партия новой стали следующего состава, масс. %: С — 0,52; Mn — 0,85; Si — 0,27; Cr — 0,88; Ti — 0,45; Fe — остальное, марка полученной стали 52ХГСТ.

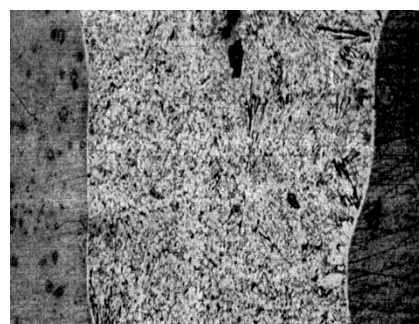
На рисунке 5 приведены структуры зон сплавления этой стали со сталями Ст3 и 65Г через сплав ПС-14-60, полученные по предлагаемой методике.

Анализ микроструктуры триметаллов 52ХГСТ/ПС-14-60/Ст3 и 52ХГСТ/ПС-14-60/65Г (рис. 5) показывает, что со стороны стали 65Г проплавление металла происходит интенсивнее, исходя из характера линии сплавления, граничная линия более извилистая, чем у предлагаемой стали, и, кроме того, наблюдается образование дендритной структуры в наплавленном износостойком

слое со стороны стали 65Г, которая отсутствует у новой стали.



а



б

Рис. 5. Микроструктура ( $\times 250$ ) сая стали 52ХГАТ, твердого сплава ПС-14-60 и сталей Ст3 (а) и 65Г (б) — слева направо

Таким образом, предлагаемая методика выбора сталей для изготовления ПОО, упрочняемых методом ИН, по результатам оригинального теста на свариваемость (сплавляемость), позволяет осуществлять простой и быстрый выбор конструкционных легированных сталей по признакам неоднородности структуры наплавленного слоя и переходной зоны твердого сплава.

При необходимости с помощью разработанной методики можно быстро оценить и вновь предлагаемые (разрабатываемые) стали, их износостойкость, а также подобрать условия ИН и наплавленный твердый сплав для упрочнения наиболее изнашиваемой части сельскохозяйственной машины — ее почвообрабатывающего органа.

### Выводы

1. Разработана простая экспрессная методика выбора стали для упрочнения методом индукционной наплавки по результатам оригинального технологического теста на свариваемость (сплавляемость).

2. Выбор конкретной марки стали осуществляется по результатам металлографического анализа структурной неоднородности слоя, одновременно наплавленного на две исследуемых стали.

3. Установлена качественная корреляция параметров структурной неоднородности

наплавленного слоя на сталях Ст3, 65Г и 50ХГА с его износостойкостью в реальных условиях.

4. С помощью разработанной методики рекомендовано использовать сталь 50ХГА для изготовления стрелчатой лапы сварной конструкции с последующим упрочнением методом индукционной наплавки.

5. Предложена новая сталь 52ХГАТ для изготовления почвообрабатывающих органов сельхозмашин, упрочняемых индукционной наплавкой, технологичность которой исследована по предлагаемой методике. Состав новой стали, масс. %: С – 0,52; Mn – 0,85; Si – 0,27; Cr – 0,88; Ti – 0,45; Fe – остальное.

#### Библиографический список

1. Кугультинов С.Д., Ковальчук А.К., Портнов И.И. Технологии обработки конструкционных материалов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006.

2. Аствацатуров А.Е. Основы инженерной эргономики. – М.: Изд-во РГУ, 1991.

3. Фирсов М.М., Черепанин А.Н. Основные тенденции и прогноз развития машин для растениеводства // Техника в сельском хозяйстве. – 2002. – № 3. – С. 36-39.

4. Шитов А.Н., Веденеев А.А. Влияние различных факторов на изнашивание рабочих органов почвообрабатывающих машин // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2002. – № 27. – С. 21-23.

5. Ткачев В.Н., Фиштейн Б.М. Образование зоны сплавления при индукционной наплавке твердых сплавов // Автоматическая сварка. – 1968. – № 9. – С. 31-35.

6. Ткачев В.Н., Фиштейн Б.М., Офицеров Л.В. Химическая неоднородность при индукционной наплавке твердых сплавов // Автоматическая сварка. – 1971. – № 11. – С. 36-38.



УДК 636:658.512(072)

В.И. Земсков,  
Г.М. Харченко

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

**Ключевые слова:** проектирование, животноводческие фермы, жизненные функции, обеспечение, конструкция, стойла, привязи, кормовые, проезды, ресурсосбережение.

#### Введение

Проектирование – важнейший этап создания животноводческой фермы или комплекса. В основу проектирования необходимо закладывать новейшие производственные технологии, чтобы строящиеся предприятия ко времени их ввода в эксплуатацию имели высокие показатели производительности труда, продуктивности животных, экологической чистоты производства [1].

Сбережение ресурсов является ключевой задачей при проектировании и эксплуатации животноводческих ферм, позволяющей обеспечить снижение эксплуатационных затрат и повысить рентабельность производства. Сбережение ресурсов можно обеспечить как при проектировании, так и при эксплуатации животноводческих ферм, причем первостепенное значение приобретает проектирование, в процессе которого заклады-

ваются технология и технические средства механизации производственных процессов.

При проектировании животноводческих ферм обосновываются системы и способы содержания животных, для принятых способов содержания разрабатываются системы обеспечения их жизненных функций и соответствующие системы технологических линий. Для получения генетически возможной продуктивности животных важное значение приобретает проектирование систем обеспечения зоотехнически обоснованных условий содержания животных, то есть обеспечения жизненных функций. Проблема заключается в том, что при явном влиянии на продуктивность животных условий их содержания в технической литературе по проектированию животноводческих ферм не раскрываются содержание и порядок разработки систем обеспечения жизненных функций животных.

Процесс проектирования системы обеспечения жизненных функций животных должен охватывать весь круг вопросов исходной структуры производственного процесса животноводческих предприятий (рис. 1). Основное направление усилий проектантов