

## **Эффективность процесса восстановления поперечных планок основного подбарабана комбайнов TUCANO «CLAAS» наплавкой в среде углекислого газа**

***В.С. Коляда**, инженер, **В.А. Шахов**, д.т.н., профессор, **Ю.А. Ушаков**, д.т.н., профессор, **И.М. Затин**, аспирант, **П.Г. Учкин**, аспирант, ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ*

В настоящее время в связи с трудными экономическими условиями, сложившимися в АПК, наблюдается значительное ослабление материально-технической базы. Всё это приводит к сокращению машинно-тракторного парка и увеличению нагрузки на оставшуюся технику. Это коснулось и отечественного парка комбайнов, средний срок службы которых составляет 7–10 и более лет. Поэтому необходимы значительные затраты на поддержание исправного состояния комбайнов.

Такая же ситуация наблюдается с зарубежными комбайнами, в том числе немецкой фирмы «CLAAS». Наименьшие затраты из всех зарубежных комбайнов данной фирмы получены по комбайну «CLAAS» Мега-208. По данным учёных Германии, фактические затраты на ремонт и обслуживание зерноуборочных комбайнов при их наработке 200 га составляют 16,25 евро на 1 га, 1000 га – больше в 2,3 раза, 2000 га – в 3,6 раза и 2500 га – в 4,3 раза. В наших условиях, при отсутствии правильно налаженного технического сервиса и ремонта импортных комбайнов, затраты будут в 1,5–2 раза выше [1–6].

Анализ направлений модернизации и ремонта техники в России и за рубежом, опрос экспертов

и мнений учёных и специалистов показывают, что большие возможности повышения ресурса восстановленных деталей при ремонте сельскохозяйственной техники открывают технологии наплавки, нанесением упрочняющих покрытий, в том числе композиционных. Значительный интерес для этих целей представляют процессы нанесения нанопокровтий. Перспективным направлением восстановления деталей является наплавка металла с применением комбинированных технологий с последующим упрочнением. В особенности это, как было указано ранее, относится к деталям и узлам зарубежной техники [1, 2, 4, 5, 7, 8].

Одним из положительных примеров применения наплавки металлов в сельском хозяйстве может являться восстановление высоты поперечных планок подбарабаний зерноуборочных комбайнов отечественного и зарубежного производства. В процессе эксплуатации комбайна при обмолоте зерновых культур происходит значительный износ поперечных планок подбарабаний, что приводит к недовымолоту и соответственно к технологическим и производственным потерям зерна.

При помощи технологий наплавки и последующего процесса расточки можно не только восстановить поперечные планки зерноуборочных комбайнов до нужных технологических размеров, но и заложить необходимую твёрдость наплавляемого металла для обеспечения эффективного обмолота зерновых культур [1–3, 5, 9, 10].

В настоящий момент для восстановления подбарабаний комбайнов требуется разработка технологий, оборудования и рекомендаций для проведения соответствующего ремонта с целью обеспечения высокой надёжности и низкой себестоимости выполняемых работ в условиях современной рыночной экономики.

На кафедре «Технический сервис» Оренбургского ГАУ было проведено исследование по разработке энергоэффективной технологии восстановления подбарабаний комбайнов и анализу полученных результатов.

**Материал и методы исследования.** Целью экспериментального исследования являлось установление зависимости величины твёрдости и износостойкости наплавленного металла при изменении силы тока, напряжения дуги, марки и диаметра наплавочной проволоки.

Экспериментальное исследование было разделено на шесть этапов:

- I этап – изучение процессов износа, действующих на поперечную планку подбарабания;
- II этап – подготовка и наплавка образцов (подготовка образцов для наплавки, наплавка восстановительного слоя);
- III этап – микроанализ наплавленного слоя и измерение твёрдости;
- IV этап – химический анализ наплавленного слоя металла;

– V этап – проведение исследования на износостойкость наплавленного металла.

Для достоверного проведения лабораторного исследования на износостойкость наплавленного металла на поверхность опытного образца необходимо изучить и проанализировать силы, действующие и приводящие к износу рабочей грани поперечной планки подбарабания.

Рассмотрим износ рабочих граней поперечной планки подбарабания при обмолоте зерноуборочной массы согласно теории обмолота. В этом случае на поперечную планку подбарабания будет действовать сила трения  $f_2N$  (рис. 1).

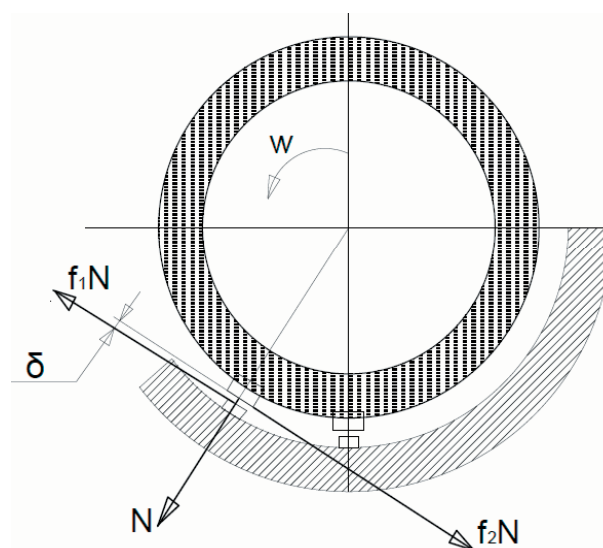


Рис. 1 – Схема сил, действующих на поперечную планку подбарабания, в момент обмолота:

$\delta$  – молотильный зазор;  $\omega$  – радиальная скорость барабана;  $N$  – нормальная сила сжатия;  $f_1$  – коэффициент трения хлебной массы о поверхность бича барабана;  $f_2$  – коэффициент трения хлебной массы о поверхность поперечной планки подбарабания;  $f_1N$  – сила трения хлебной массы о поверхность бича барабана;  $f_2N$  – сила трения хлебной массы о поверхность поперечной планки подбарабания

На основании проведённого исследования мы имеем возможность воспроизвести процесс износа рабочих граней поперечной планки подбарабания в лабораторных условиях, что позволяет более качественно оценить износостойкость наплавленного металла.

Для соблюдения достоверности экспериментов и с целью повышения точности проведения исследования наплавку проводили по следующим условиям:

- предварительно зачищались поверхности для наплавки;
- наплавочная поверхность размером 120×40 мм (опытный образец подбарабания).

Наплавочное оборудование, используемое для проведения эксперимента, включает: сварочный полуавтомат ВЕГА-МИГ-400, механизм подачи проволоки Ассистент 400L и вспомогательное оборудование (горелка, шланги и т.д.).



Рис. 2 – Фотографии наплавленных образцов

В процессе наплавки устанавливаются оптимальные режимы наплавки ( $U$ ,  $I$ ,  $V_{\text{под}}$ ), для получения требуемой величины наплавляемого валика (рис. 2). Вылет при наплавке устанавливается в пределах 10–15 мм при диаметре проволоки 1,6–2,0 мм [2].

Наплавка производилась на различных режимах с соблюдением режимов и требований технологии наплавки. Был наплавлен 81 опытный образец по трёхфакторному эксперименту.

Анализ микроструктуры наплавленного материала проводился с использованием металлографического микроскопа «МИКРОМЕД МЕТ», позволяющего провести визуальный анализ микрошлифов образцов (рис. 3, 4).

Это выполнено для определения величины содержания углерода ( $C$ ) с точки зрения необходимых механических характеристик стали, дальнейшей механической обработки и сложности процессов наплавки и контроля качества (для наших исследований оптимальное значение 0,15–0,25%).

Анализируя фотографии микрошлифов образцов групп, можно сделать следующие выводы:

- образцы группы № 6 имеют вредные включения (водород, азот, сера), приводящие к хрупкости стали, ухудшению прочностных характеристик, которые могут проявиться после дальнейшей механической обработки;
- образцы групп № 4, 5, 6, 7, 8, 9 будут относиться к доэвтектоидной стали (перлитно-ферритная структура) с содержанием 0,8%  $\approx C$ ;
- образцы групп № 2, 3 будут относиться к эвтектоидной стали (структура перлит) с содержанием 0,8%  $\approx C$ ;

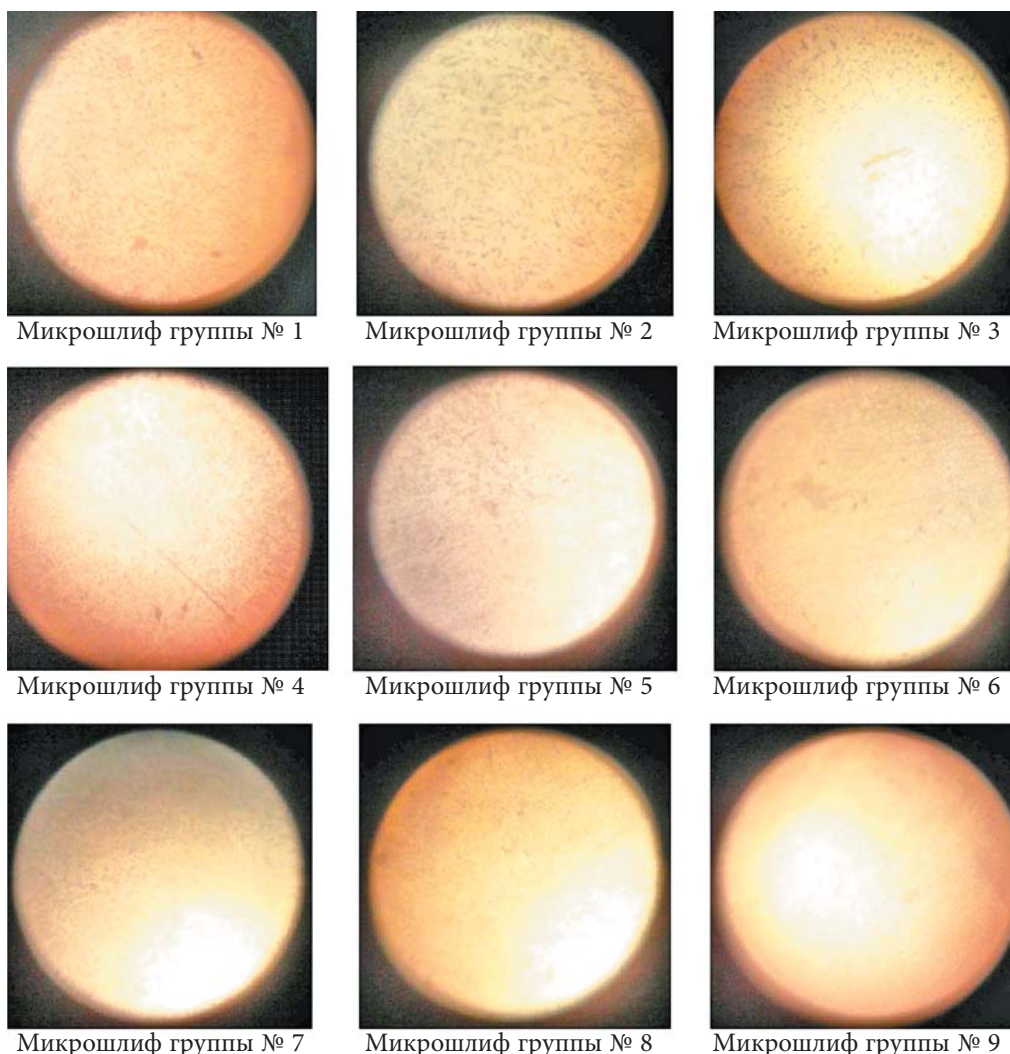


Рис. 3 – Микрошлифы 9 групп опытных образцов наплавленного материала



Рис. 4 – Проведение микроанализа

Спектроданные химических элементов  
седьмого образца

| PMI Master 02J0086 Optigr. 02J0086          |        |        |       |         |       |         |         |
|---|--------|--------|-------|---------|-------|---------|---------|
| Образец: ОБРАЗЕЦ 7 HRC65                    |        |        |       |         |       |         |         |
| Сплав: FE_300 Режим: PA3/28/2014 8:16:56 PM |        |        |       |         |       |         |         |
| 1   | Fe     | C      | Si    | Mn      | Cr    | Mo      | Ni      |
| Среднее                                     | 90,1   | 1,22   | 1,63  | 1,02    | 5,29  | <0,0050 | 0,0660  |
| 1   | Al     | Co     | Cu    | Nb      | Ti    | V       | W       |
| Среднее                                     | 0,0664 | 0,0167 | 0,922 | <0,0050 | 0,422 | 0,0377  | <0,0050 |

– образцы группы № 1 будут относиться к заэвтектоидной стали (перлитно-цементитная структура) с содержанием  $C \approx 0,8\%$ .

Для полноценной оценки характеристик наплавленной поверхности был проведён анализ химического состава.

Изучение химического состава наплавленного слоя проводилось с помощью оптико-эмиссионного спектрометра для металлов PMI-Master. При этом применяли уже ранее подготовленную площадку на наплавленном металле, так как она удовлетворяет требованиям процесса анализа, проводимого при помощи спектрометра PMI-Master UVR по необходимой площади контакта и качеству покрытия. Пример спектроданных химических элементов седьмого образца приведён в таблице.

Для систематизации данных, последующего анализа и проверки соответствия наплавленного слоя и основного металла по химическому составу образцы планок подбарабана были распределены на четыре группы:

– по содержанию углерода  $C$  в интервале  $0,14–0,18\%$ ;

– по наличию легированных элементов  $Al$ ,  $Nb$ , суммарное содержание не менее  $0,01\%$  (повышающих стойкость к образованию кристаллизационных трещин);

– по наличию легированных элементов  $V$ ,  $Mo$ , суммарное содержание не менее  $0,01\%$  (придающих дополнительную прочность наплавленному слою);

– по наличию  $Cu$ , суммарное содержание не менее  $0,1\%$  (повышающего стойкость металла к атмосферной коррозии).

В свою очередь это позволит в дальнейшем выбрать наиболее оптимальные параметры наплавки.

Анализ полученных результатов показал, что образцы № 7, 5, 8, 10, 16, 32, 41, 50, 59, 68 удовлетворяют заданным критериям в полном объёме.

**Выводы.** Полученные результаты согласуются с результатами других учёных в данной области исследований.

Содержание  $C$  (углерода) в металле на основании исследований позволяет оценочно и укрупнённо определить механические характеристики наплавленного слоя.

Определены и предлагаются следующие диапазоны режимов наплавки при восстановлении поперечных планок подбарабаний комбайнов TUCANO «CLAAS»:

- сила сварочного тока  $J$  (А)  $280–300$ ;
- напряжение сварочной дуги  $U(B)$   $28–30$ ;
- марка электродной проволоки Св-18ХГС, Нп-30ХГСА, 10ГС, 08Г2С;
- диаметр электродной проволоки  $Dэ$  (мм.)  $1,6–2,0$ .

Анализ полученных результатов позволил сделать вывод, что предложенная технологическая оснастка и режимные параметры наплавки удовлетворяют заданным критериям величины твёрдости и износостойкости наплавленного металла при восстановлении поперечной планки подбарабана.

### Литература

1. Шахов В.А., Коляда В.С., Ракитянский А.А. Обоснование метода восстановления поперечных планок подбарабаний зерноуборочных комбайнов фирмы «CLAAS» // Совершенствование инженерно-технологического обеспечения технологических процессов в АПК: сб. матер. Междунар. науч.-практич. конф. Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2013. С. 85–90.
2. Шахов В.А., Аристанов М.Г. Надёжность зарубежной почвообрабатывающей техники в условиях Оренбургской области // Машинно-технологическая станция. 2010. № 6. С. 23.
3. Сидоров А.И. Восстановление деталей машин напылением и наплавкой. М.: Машиностроение, 1987. 192 с.
4. Практикум по ремонту сельскохозяйственных машин / С.А. Соловьев, В.Е. Рогов, В.А. Шахов [и др.]. М.: Колос, 2007. 336 с.
5. Шахов В.А., Рогов В.Е., Чернышёв В.П. Практикум по основам надёжности сельскохозяйственной техники: учебники и учебные пособия / Допущено Минсельхозом РФ для студентов вузов по агроинженерным специальностям. Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2000. 76 с.
6. Практикум по надёжности технических систем сельскохозяйственных машин: учеб. пособ. / В.Е. Рогов, В.П. Чернышёв, В.А. Шахов [и др.]. Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2012. 75 с.
7. Шахов В.А., В.С. Коляда Results of practical research on selection of the best process of the working surface recovery for the combine harvester concave's crossbar // British Journal of Innovation in Science and Technology. 2016. Т. 1. № 3. С. 33–44.
8. Шахов В.А., Коляда В.С. Новые технологии и оборудование для восстановления подбарабаний комбайнов Claas Tucano // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 1 (63). С. 80–82.
9. Шахов В.А., Терехов О.Н., Коляда В.С. Разработка стенда для динамической балансировки молотильных барабанов фирм Claas после ремонта // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. № 2 (34). С. 72–74.
10. Пат. на полезную модель №125500 РФ Приспособление для фрезерования подбарабана / В.А. Шахов, В.С. Коляда. Опубл. 10.03.2013 г. Бюл. № 7.