

УДК 621.791:620.18

НОВЫЙ СПОСОБ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

**Т.С. Скобло, профессор, д.т.н., А.В. Тихонов, доцент, к.т.н.,
И.Н. Рыбалко, аспирант, Харьковский национальный технический университет
сельского хозяйства имени Петра Василенко**

***Аннотация.** Разработан способ восстановления и упрочнения деталей, произведена наплавка и выполнен анализ полученных результатов.*

***Ключевые слова:** наплавка, легирование, способ, твердость, прочность.*

НОВИЙ СПОСІБ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ

**Т.С. Скобло, професор, д.т.н., А.В. Тіхонов, доцент, к.т.н.,
І.М. Рибалко, аспірант, Харківський національний технічний університет
сільського господарства імені Петра Василенка**

***Анотація.** Розроблено спосіб відновлення і зміцнення деталей, проведено наплювання і виконано аналіз отриманих результатів.*

***Ключові слова:** наплювання, легування, спосіб, твердість, міцність.*

NEW METHOD OF PARTS RESTORATION

**T. Scoblo, Professor, Doctor of Technical Science, A. Tikhonov, Associate Professor,
Candidate of Technical Science, I. Rybalko, postgraduate, Kharkiv
National Technical University of Agriculture after Petro Vasylenko**

***Abstract.** The method of details restoration and strengthening was carried out, overlaying was performed and the analysis of the results obtained was made.*

***Key words:** overlaying, alloying, method, hardness, strength.*

Введение

При длительной эксплуатации машин изнашивание деталей сопровождается снижением эксплуатационных показателей, что, в частности, вызывает ухудшение качества выполняемых работ. Изнашивание рабочих поверхностей деталей нередко требует их полной замены. Это повышает себестоимость производства из-за больших амортизационных отчислений. В ряде случаев изготовление деталей целиком из износостойкой легированной стали нерационально в связи с трудностью обработки и высокой ее стоимостью. Поэтому для решения задач повышения эксплуатационных показателей и увеличения срока службы деталей машин используют различные способы поверхностного упрочнения, в частности наплавку, ши-

роко применяемую в производстве разнообразных изделий – от крупногабаритных, таких как валки прокатных станков, сосуды высокого давления, до мелких деталей типа седел и клапанов двигателей внутреннего сгорания.

Небольшие хозяйства и ремонтные мастерские не имеют стандартно выпускаемого оборудования – нет средств для приобретения. Также ограничен набор наплавочных материалов для реновации вышедших из эксплуатации деталей сельскохозяйственной техники.

Анализ публикаций

Легирование – один из наиболее эффективных способов повышения пределов прочности и выносливости, износостойкости и дру-

гих эксплуатационных свойств покрытий, нанесенных наплавкой. Все многочисленные способы легирования, согласно классификации [1, 2], разделяют на четыре способа.

Способ первый (I) – применяют легированную электродную проволоку или ленту с обычным флюсом.

Способ второй (II) – используют присадку легирующих материалов через проволоку или вместе с проволокой и обычным флюсом. К этому методу могут быть отнесены и порошковые проволоки и ленты.

Способ третий (III) – применяют обычную проволоку или ленту и легирующий флюс.

Способ четвертый (IV) – наносят легирующие добавки на поверхность изделия. Наплавку производят обычными электродами и флюсом до полного расплавления легирующих добавок. К этому способу могут быть отнесены: укладка на поверхность легированного прутка, присадочного материала, насыпка легирующего порошка, нанесение легирующих паст и др.

Цель и постановка задачи

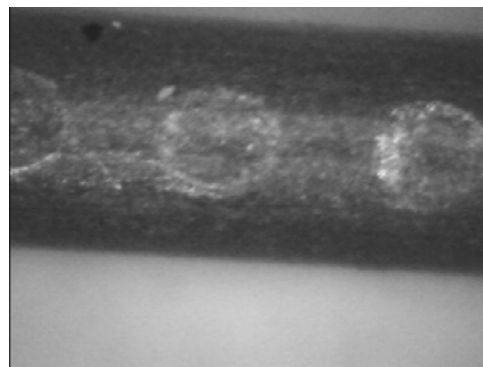
Целью работы является разработка оборудования для реновации деталей и анализ качества рекомендуемой технологии.

Способ восстановления и упрочнения деталей

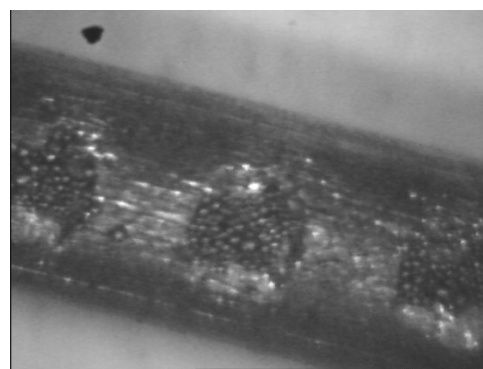
В ХНТУСХ разработан способ восстановления и упрочнения деталей механизированной наплавкой [3]. Предложенный способ восстановления защищен патентом Украины [4].

Исследована проволока и характер формирования насечек на поверхности для удержания порошка (рис. 1). При малом усилии на поверхности проволоки насечки имеют небольшой диаметр, но при увеличении усилия прижатия форма насечек изменяется. При максимальном усилии прижимной ролик образует прямоугольные насечки и пережимает проволоку, так что при прохождении через калибрующее отверстие мундштука происходит заклинивание. Для эксперимента были выбраны средние значения глубины насечки – 0,15 мм. При этом диаметр насечки составил 0,4 мм. На основе этого рассчитан задан-

ный процент легирования (2 %). Геометрические размеры насечек, а именно зависимость их диаметра и глубины от силы прижатия роликов к проволоке, приведены в табл. 1.



а



б

Рис. 1. Рельеф деформированной проволоки, $\times 200$: а – без легированного порошка; б – с легированным порошком

Таблица 1 Зависимость диаметра и глубины насечек от силы прижатия роликов к проволоке

Сила прижатия роликов, кН	Диаметр насечек, мм	Глубина насечек, мм
0,15	0,322	0,12
0,30	0,354	0,132
0,45	0,387	0,145
0,60	0,516	0,193
0,75	0,548	0,205
0,90	0,742	0,278

На основе исследований параметров механизированной наплавки определены оптимальные параметры:

- сила тока $I_{св}=160$ А;
- напряжение $U=20$ В;
- скорость подачи проволоки $V_{пр}=3,01$ м/мин;
- частота вращения детали – 3 об/мин;
- смещение с зенита – 2 мм;
- вылет электрода – 12 мм.

Изготовлен экспериментальный образец наплавочной головки, а в дальнейшем и наплавочная головка для ремонтных мастерских (рис. 2).

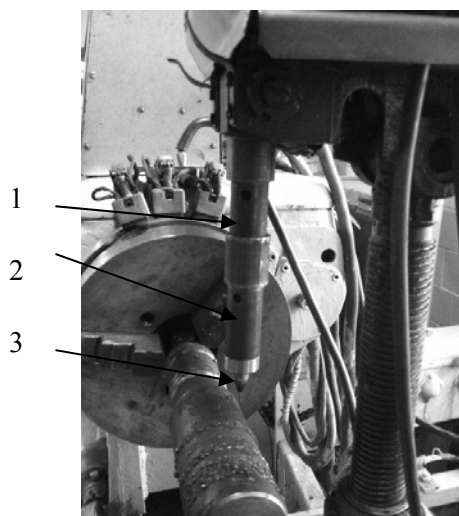


Рис. 2. Наплавочная головка для ремонтных мастерских: 1 – бункер для клеевого вещества; 2 – бункер для порошка; 3 – токоподводящий мундштук

При проведении исследований, согласно разработанного метода, восстановление рабочей поверхности проводили низколегированной проволокой Нп-30ХГСА. Одни образцы наплавляли только этой проволокой, а другие – с добавлением порошка на никелевой основе ПГ-10Н-01.

Проведен макроанализ шлифов. Образцы, наплавленные только проволокой, содержат поры, в отличие от образцов с введением порошка в наплавленный слой. Зона термического влияния представляет собой сильно травящуюся (зона 1) и слабо травящуюся зоны (зона 2). Зона 1 имеет более высокий уровень напряжений и характеризуется ликвацией компонентов с наплавленного слоя.

Одним из важных параметров процесса наплавки является глубина проплавления основного металла. Чем меньше глубина проплавления, тем меньше доля основного металла в наплавленном. На глубине проплавления располагается переходная зона от основного металла к наплавленному. Эта зона считается наиболее опасной, с точки зрения разрушения металла. Металл переходной зоны охрупчен из-за большой скорости охлаждения наплавленного слоя. Он имеет повышенную склонность к образованию хо-

лодных трещин, по причине большой неоднородности химического состава металла, и, соответственно, существенную разницу в коэффициентах линейного расширения. Отсюда следует, что чем больше глубина проплавления, тем больше зона ослабленного участка и тем ниже прочность восстановленной детали.

Соотношение размеров наплавленного слоя и зоны термического влияния 1 и 2 в варианте, наплавленном только проволокой, составляет 4,57 мм и 4,286 мм соответственно, а в варианте, наплавленном проволокой с введением порошка, 4 мм и 2,57 мм соответственно. Размер зоны термического влияния зависит от температуры плавления и объема наплавленного металла. Исходя из этого, можно сделать вывод, что введение порошка снижает температуру плавления и, соответственно, зону термического влияния.

Проведен микрорентгеноспектральный анализ образца, наплавленного новым способом. Из полученных данных наблюдается равномерное распределение Cr, Ni, Mn, S в наплавленном слое. Также присутствует ликвация компонентов в ЗТВ 1. В ЗТВ 2 процент содержания химических элементов уменьшается и практически равен исходному материалу.

При помощи твердомера Digital Micro Hardness Tester MHV-2000S была измерена твердость образцов. Наплавка проволокой не оказывает существенного влияния на повышение твердости наплавленной поверхности. Она изменяется на 400 Н по сравнению с твердостью основного металла. При наплавке проволокой с введением порошка твердость повышается в 2,6 раза по отношению к основному металлу и в 2,2 раза – по сравнению с наплавкой без легирующей присадки (рис. 3, 4).

Прочность сцепления покрытия с основным материалом оценивали не по общепринятой методике, а использовали предложенную в работах А.П. Гуляева и Н.Т. Гудцова. Сущность данных методик заключается в том, что при нанесении отпечатка алмазным индентором (прибор – стационарный твердомер по Микро-Виккерс, модель UIT-HVmicro1) в область переходной зоны при недостаточном уровне прочности сцепления за счет напряжений происходит расклинивание от концов

отпечатка. При этом возникает трещина, по величине которой можно оценить предельную прочность сцепления (σ). При этом для расчетов используется формула

$$\sigma = H \left(\frac{d}{l} \right)^2, \quad (1)$$

где H – уровень микротвердости; d – длина диагонали отпечатка, мм; l – длина раскрытия трещины, мм.

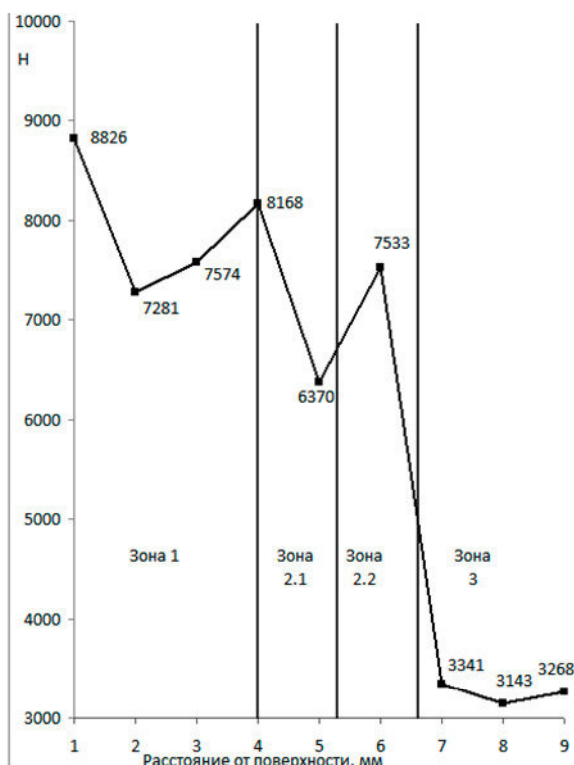


Рис. 3. Изменение твердости по Виккерсу от поверхности при наплавке проволокой Нп-30ХГСА с добавкой порошка ПГ-10Н-01: 1 – зона наплавки; 2 – зона термического влияния: 2.1 – зона легирования; 2.2 – зона термического воздействия; 3 – основной металл

В случае, когда разрушение слоя (отслаивание нанесенного покрытия от основы) не наступает, то прочность сцепления будет не менее, чем

$$\sigma = 2 \frac{P}{d^2}. \quad (2)$$

Оценку уровня прочности производили при нагрузке на индентор $P=50$. При этом длина диагонали отпечатка составляла соответственно 44 и 56 мкм.

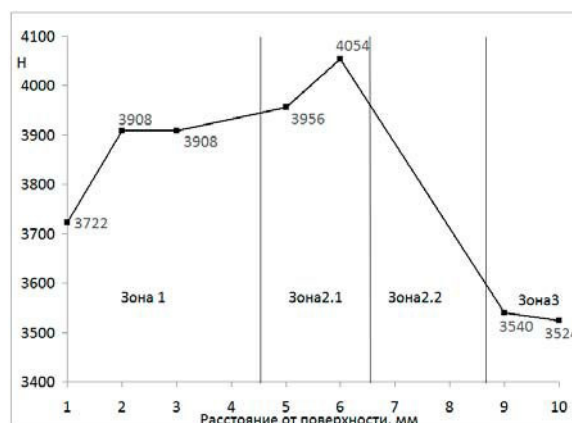


Рис. 4. Изменение твердости по Виккерсу от поверхности при наплавке проволокой Нп-30ХГСА: 1 – зона наплавки; 2 – зона термического влияния: 2.1 – зона повышенной твердости; 2.2 – зона более низкой твердости; 3 – основной металл

Оценив прочность сцепления по приведенной зависимости, получили, что при нанесении покрытия проволокой Нп-30ХГСА она обеспечивается на уровне ≥ 320 МПа (32 кг/мм^2), а при нанесении покрытия проволокой Нп-30ХГСА с порошком ПГ-10Н-01 – на уровне ≥ 520 МПа (52 кг/мм^2).

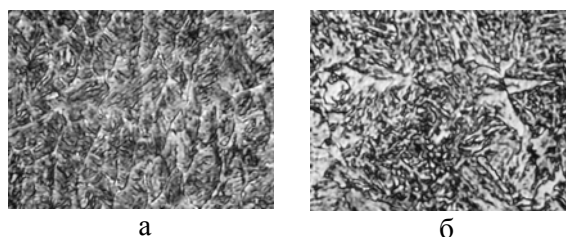


Рис. 5. Структура поверхности наплавленного слоя металла: а – проволокой Нп-30ХГСА с добавкой порошка ПГ-10Н-01; б – проволокой Нп-30ХГСА; $\times 130$

Микроструктуру наплавленных слоев сопоставительно исследовали после травления 4%-ным раствором азотной кислоты в этиловом спирте (см. рис. 5). В случае наплавки проволокой с легированным порошком формируется игольчатая мартенситная структура, а при наплавке проволокой без добавки порошка – феррито-перлитная (игольчатый феррит). Верхний бейнит состоит из смеси игольчатого феррита и аустенита. Ведущей фазой кристаллизации является игольчатый феррит. В первом случае структура характеризуется и существенно более мелким зерном.

Судя по уровню изменения твердости, зона термического влияния незначительно изменяется. В обоих случаях по показаниям значений она близка к наплавленному слою.

Выводы

Разработаны малозатратные оборудование и технология легирования при восстановлении деталей наплавкой. Сконструирована наплавочная головка для реновации деталей путем восстановления изношенного слоя.

Установлены технологическая возможность упрочнения рабочего слоя введением легирующих компонентов, оптимальные параметры обработки: глубина насечки – 0,15 мм, диаметр насечки – 0,4 мм. Определены оптимальные параметры наплавки и процент ввода легированного порошка, который составил до 2 %.

Введение порошка снижает температуру плавления и, соответственно, зону термического влияния; твердость повышается в 2,6 раза по отношению к твердости основного металла и в 2,2 раза – по отношению к наплавленному металлу проволокой без дополнительного легирования.

Произведена оценка прочности сцепления покрытия с основным материалом; при нанесении покрытия проволокой Нп-30ХГСА она обеспечивается на уровне ≥ 320 МПа (32 кг/мм^2), а при нанесении покрытия про-

волокой Нп-30ХГСА с порошком ПГ-10Н-01 – на уровне ≥ 520 МПа (52 кг/мм^2).

Литература

1. Технология ремонта машин / Е.А. Пучин, В.С. Новиков, Н.А. Очковский и др.; под ред. Е.А. Пучина. – М.: КолосС; 2007. – 488 с.
2. Фрумин И.И. Легирование наплавленного металла при износостойкой наплавке / И.И. Фрумин. – К.: Изд-во АН УССР, 1957. – 68 с.
3. Скобло Т.С. Новое оборудование, технология и качество экономно легированных покрытий / Т.С. Скобло, А.В. Тихонов, И.Н. Рыбалко // Промышленность Fokus + плюс. – 2012. – № 04/04. – С. 36–38.
4. Патент №48353 Україна, МПК (2009) B24B39/00. Спосіб відновлення та зміцнення деталей / Т.С. Скобло, І.М. Рыбалко, О.І. Сідашенко, О.В. Тихонов, В.В. Лоєнко, О.В. Сайчук; заявник та патентоутримувач Т.С. Скобло. – №200910791. заявл. 26.10.09.; опубл. 10.03.10, Бюл. № 5.

Рецензент: М.А. Подригало, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 18 октября 2012 г.