

# ЭЛЕКТРОДУГОВАЯ НАПЛАВКА ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ УЛЬТРАЗВУКА

**М.М. СЕВЕРНЕВ**, академик ААН РБ, доктор технических наук, профессор

**А.С. ШИЛЯЕВ**, доктор технических наук, профессор

**Н.Ф. ЛУГАКОВ**, кандидат физико-математических наук, доцент

**А.М. ГРИШАНОВИЧ**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник

**С.А. СТУКИН**, инженер

**Эффективность использования сельскохозяйственной техники в значительной мере предопределяется не только ее выпускными параметрами, но и последующими факторами технической эксплуатации и ремонта.**

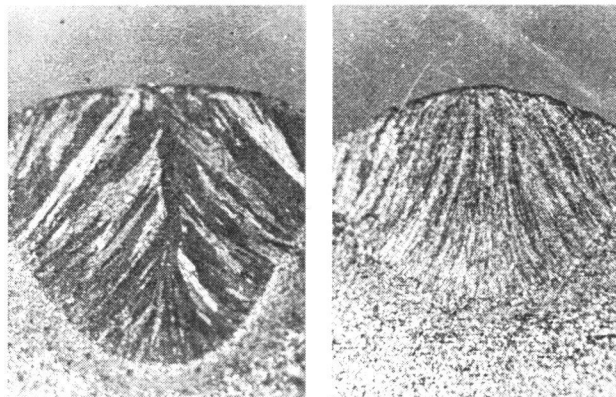
**Н**есмотря на возросшую надежность и совершенствование технического обслуживания сельхозмашин увеличивается потребность в их ремонте вследствие интенсивной эксплуатации, недостаточной обновляемости машинного парка, высокой стоимости и дефицитности запасных частей в последние годы. Отмеченные обстоятельства чрезвычайно повышают значение современных технологий ремонта, среди которых значительное место занимает восстановление деталей наплавкой [1].

Анализ современного состояния технологии производства, упрочнения, восстановления и ремонта деталей машин показывает, что повсеместное применение получила электродуговая наплавка. Однако наиболее распространенная одноэлектродная электродуговая наплавка под слоем флюса, как и другие ее виды, имеет ряд существенных недостатков, одним из которых является невысокая износостойкость нанесенного слоя металла. Причина этого недостатка кроется в некачественной подготовке первоначально расплавленного в электродуге металла к последующему затвердеванию, вследствие чего в его структуре возникают поры, трещины, большое количество шлаковых и неметаллических включений, неравномерное распределение по объему шва компонентов сплава.

Устранить вышеперечисленные недостатки и существенно улучшить качество восстанавливаемых деталей позволяет электродуговая наплавка в ультразвуковом поле, теоретические и технические основы для которой, способы, устройства и технологическое оборудование резуль-

тативно разработаны и внедрены в производство специалистами БАТУ [2, 3].

Разработанные установки электродуговой наплавки под воздействием ультразвука включают в себя следующие основные агрегаты и узлы: источник электрического питания электрической дуги главной электродной проволоки, ультразвуковой генератор, ультразвуковой излучатель-волновод передачи высокочастотных колебаний к дополнительной присадочной проволоке, механизмы подачи проволоки, основной серийный наплавочный станок для крепления и перемещения (вращения) наплавляемой детали, систему нанесения флюса, блоки и



*Рис. 1. Макроструктура металла электродуговых наплавки (x 7):*

*а) типовой образцу, наплавленный по исходному режиму без ультразвука;*

*б) улучшенный образец, наплавленный в ультразвуковом поле по оптимальному режиму.*

пульты управления. На основании изучения процессов и накопленного опыта разработки и эксплуатации указанного оборудования решены многие электрометаллургические, металловедческие, электротехнические и аппаратурные вопросы всего комплекса проблем электродуговой наплавки восстанавливаемых деталей при воздействии ультразвука [4].

Важнейшим требованием к качеству металла при электродуговой наплавке является обеспечение высоких свойств верхней зоны шва, так как именно здесь формируется поверхность, образуемая механической обработкой и подвергаемая затем износу при дальнейшей службе в изделии. В металле швов электродуговой наплавки, полученной при воздействии ультразвуковых колебаний оптимальных параметров, указанных далее в статье, не обнаруживаются, по сравнению с обычной наплавкой, признаки таких дефектов, как усадочная пористость, газовые раковины, шлаковые включения (рис. 1). Заметно изменился профиль поперечного сечения ванны, дно ее приблизилось к овальному контуру, это ведет к более вертикальному росту столбчатых кристаллов, что способствует износостойкости металла наплавки. При оптимальной амплитуде ультразвуковых колебаний структура в верхней срединной зоне шва формируется наиболее мелкозернистой, что может быть объяснено как активной ультразвуковой кавитацией жидкого металла и переходом флуктуаций в зародыши кристаллизации, так и теплофизическим фактором охлаждения. В рассматриваемом способе ультразвуковой наплавки волноводная присадочная оплавленная проволока является одновременно микрохолодильником и источником подпитки верхней зоны шва.

Наряду с макроструктурой на износостойкость металла электродуговых наплавки влияет и микроструктура, которая также улучшается при воздействии ультразвука. Микроструктура обычной исходной наплавки (проволокой Св-08ГА) характеризуется сильной полосчатостью и крупными направленными группировками перлита по полю феррита. В микроструктуре наилучших ультразвуковых наплавки наблюдается образование равномерно рассредоточенного перлита по полю феррита при одинаковой их зернистости и контурности, происходит изменение дисперсности кристаллических блоков и снижение напряжений второго рода.

При наплавке под воздействием ультразвука усиливаются явления массообмена и химического переноса. Спектральные микронзондовые исследования наплавленных этим способом образцов металла показывают значительное усиление легирования его компонентами из флюса, в частности повышаются концентрации марганца, хрома и кремния. Результаты газового анализа образцов наплавки обнаружили, что ультразвуковая обработка способствует значительному, в среднем пятикрат-

ному, снижению количества газов в металле, особенно кислорода и водорода. Явления дегазации также относятся к числу факторов, содействующих повышению качества и износостойкости наплавки.

Установлена многофакторная зависимость износостойкости металла как интегрального показателя его физико-механических свойств и технологических режимов процесса электродуговой наплавки под воздействием ультразвука. Влияние параметров ультразвуковых колебаний на износостойкость наплавленного металла обозначается кривыми параболической экстремальной формы. Исследования показали, что относительная износостойкость обработанного ультразвуком 18-22 кГц металла (по сравнению с наплавкой без ультразвука) увеличивается в 2,8-3 раза, ударная вязкость в 1,3 раза, предел прочности в 1,2 раза, твердость в 1,1 раза, когда четыре главных параметра процесса имеют оптимальные значения, а именно: амплитуда ультразвуковых колебаний 12-15 мкм, расстояние в микрованне между электродной и полноводной проволоками 5-8 мм, скорость подачи волноводной проволоки (диаметром 1,6 мм)  $12-20 \cdot 10^{-3}$  м/с, мощность электрической дуги 15-18 кВт. Указанные параметры физико-механических свойств металла и режимов электродуговой наплавки под воздействием ультразвука распространяются на процесс наварки изношенного слоя проволокой монолитного сплава, в основном для деталей пар механического сопряжения, работающих в условиях трения, скольжения или жидкостной смазки, таких, например, как поверхность осей, валов, зубьев шестерен и т.п.

Для технологий производства и восстановления деталей сельхозмашин, работающих в условиях прямого абразивного износа, таких, например, как лемеха плугов, катки, бороны и т.п., значительный интерес представляет способ электродуговой наплавки в ультразвуковом поле с вводом в расплав твердых частиц [5]. Электронномикроскопические, рентгеновские и другие исследования образцов электродуговой наплавки показали, что ввод в металл твердых частиц карбида бора посредством волноводной порошковой проволоки способствует значительному улучшению физико-механических свойств материала. Ультразвуковая обработка твердожидкостной системы увеличивает износостойкость наплавленного металла до 7,1 раза по сравнению с типовой технологией и в 3,1 раза по сравнению с вариантом введения частиц карбида бора без обработки ультразвуком. Следовательно, новый способ получения высокопрочных наплавки увеличивает перспективность этого процесса в технологии восстановления и ремонта деталей сельхозмашин, другой техники и оборудования в целях повышения их эксплуатационных свойств и надежности.

Накопленный опыт результатов исследований и промышленного применения технологического процесса электродуговой наплавки в ультразвуку-

вом поле показал, что качество наплавленного металла определяется эффективностью ультразвукового воздействия. Надежность и производительность оборудования для этого процесса были существенно увеличены за счет определения разработанным теоретически расчетным методом скорости подачи присадочной проволоки как расходуемого волновода-излучателя. Этим были созданы предпосылки для разработки механизма стабильной подачи волноводной проволоки, обеспечивающего надежный акустический контакт в системе "излучатель ультразвука-расплав" и резонансный режим работы ультразвуковой колебательной системы, зависящей от длины волновода-излучателя, а также от конструкции волновода. В целях автоматизации, а, следовательно, стабильности и надежности процесса электродуговой наплавки при воздействии ультразвука разработаны и испытаны система устройства непрерывного регулирования скорости подачи волноводной проволоки по сигналам от ферритного индуктивного датчика а также системы релейного принципа слежения за подачей волноводной проволоки с контактными и бесконтактными элементами, с использованием в электронных блоках управления тиристорных регуляторов, датчиков тока, резисторных фильтров и т.п. по схеме динамического торможения.

Результаты исследований, разработка устройств исполнения и систем управления процессами электродуговой наплавки в ультразвуковом поле позволили создать гамму промышленного оборудования для данной технологии восстановления деталей машин как агротехнического, так и многих смежных отраслей. Разработаны и внедрены в производство ультразвуковой-электродуговой наплавочный станок СРМ-051, предназначенный для восстановительной наплавки деталей типа тел вращения: колес, барабанов, полых и цельных ва-

лов, осей и т.п., а также ультразвуковые электродуговые наплавочные установки на базе станка У-653, токарно-винторезных станков, а также на основе столов и суппортов перемещения фрезерных и других станков. Созданные полуавтоматические установки ультразвуковой электродуговой наплавки при воздействии ультразвуковых колебаний позволяют наплавлять под слоем флюса наружные поверхности цилиндрических и конических деталей диаметром от 20 до 800 мм, длиной до 1300 мм, плоские поверхности деталей типа ножей бульдозеров, лемехов плугов, дисков и т.п.

Одной из новейших разработок БАТУ является универсальное комплексно-блочное ультразвуковое устройство к электродуговым наплавочным станкам, воплотившее наиболее оптимальные результаты создания такого вида агрегатов наплавочной техники (рис. 2). Устройство разработано впервые [6, 7], испытано и находится в стадии внедрения на Полоцком авторемонтном заводе. Устройство состоит из ультразвукового генератора, ультразвукового преобразователя-излучателя, механизма подачи волноводной проволоки, пульта-блока управления механизмом подачи проволоки. Разработанное новое ультразвуковое устройство к наплавочным станкам, по сравнению с устаревшим типовым устройством, имеет меньшие в 12 раз габариты, сниженную в 10 раз по массе материалоемкость, пониженное в 11 раз потребление электроэнергии, сокращенное в 6 раз время настройки и запуска в эксплуатацию, повышенную в 5 раз износостойкость волновода, увеличенный на 60% ресурс работы. Разработанное устройство обеспечивает стабильную и устойчивую передачу ультразвука через присадочную проволоку в наплавочную ванну, что способствует формированию качественного и износостойкого металла. Устройство обеспечивает повышение производи-

тельности труда, экономию материальных и энергетических ресурсов.

Технологический процесс и оборудование электродуговой наплавки при воздействии ультразвуковых колебаний внедрены в ряде отраслей народного хозяйства для восстановления сельскохозяйственных и других машин, при изготовлении биметаллических покрытий. Разработана, освоена и испытана технология восстановления наплавкой опорных катков и труб горизонтального шарнира рамы трактора Т-100. Разработана и опробована технология восстановления электродуговой наплавкой в ультразвуковом

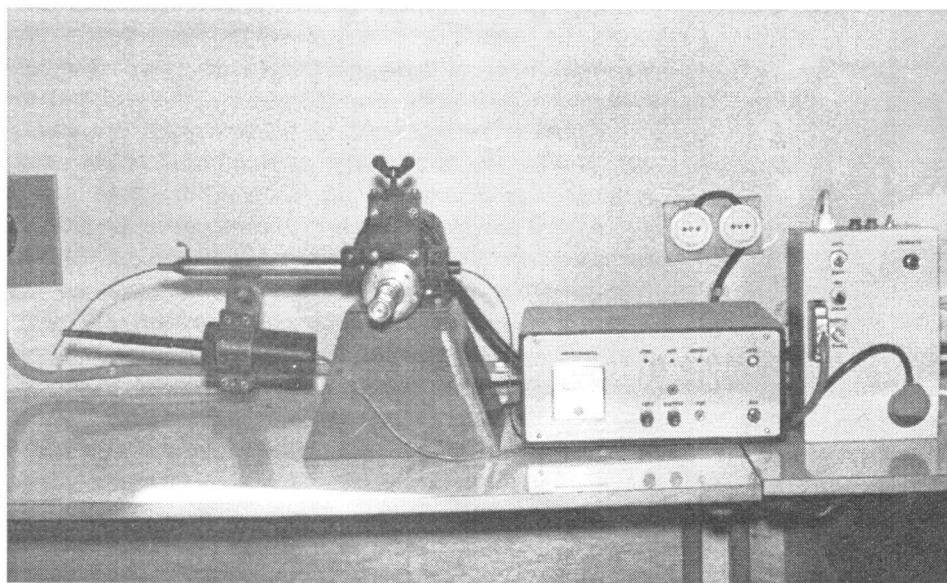


Рис. 2. Общий вид разработанного в БАТУ ультразвукового устройства к электродуговым наплавочным станкам.

поле валов-шестерен горных комбайнов ПО "Белорускалий". Результаты работы внедрены в технологии восстановительной наплавки деталей экскаваторов и подъемных кранов Минского ПО "Строймаш". Созданы и распространены на заинтересованных предприятиях отраслевые инструкции электродуговой наплавки в ультразвуковом поле с применением как монолитной волноводной проволоки, так и порошковой проволоки с твердыми частицами.

Экономическая эффективность в удельном исчислении от восстановления данным методом деталей машин составляет 1,63-1,85 рублей на 1 кг наплавляемого металла ( в ценах 1991 года).

Изложенные результаты исследований и разработок по электродуговой наплавке при воздействии ультразвука являются основой для дальнейшего совершенствования промышленной технологии упрочнения и восстановления деталей сельскохозяйственной, мелиоративной, дорожностроительной техники, оборудования для добычи и производства минеральных удобрений, агрегатов и узлов других многочисленных отраслей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Козлов Ю.С. Техническое обслуживание и ремонт сельскохозяйственной техники.-М.: Высш. шк., 1984.
2. Герасимович Л.С. О работах в области ультразвуковой техники и технологии в Белорусском аграрном техническом университете //Тез. докл. Международной научно-техн. конференции "Ультразвуковая техника и технология". Мн., 1995.
3. Севернев М.М., Шилляев А.С., Ивинский В.И., Стукин С.А. Оптимизация режима ультразвуковой обработки металла при восстановлении деталей сельскохозяйственных машин электродуговой наплавкой. //Применение ультразвука для интенсификации и контроля технологических процессов и материалов в агропромышленном комплексе. Сборник научных трудов. Горки. 1989.
4. Шилляев А.С. Ультразвуковая обработка расплавов при производстве и восстановлении деталей машин. - Мн.: Навука і тэхніка, 1992.
5. Способ износостойкой наплавки А. с. 1016912. СССР М.: Кл В 23. К9/04
6. Способ наплавки: Положительное решение от 29.04.92 г. на выдачу патента РФ по заявке № 4897924/08/124405.
7. Ультразвуковой генератор: патент РБ № 115.

## Закрытое акционерное общество "АГРОМАШИМПЭК"

*Предлагает со склада в г. Минске или  
поставляет следующую продукцию:*

- плуги (пр-во г. Одесса) ПЛН-3-35, ПЛН-5-35 и др.,  
а также запчасти к ним;
- опрыскиватели (пр-во г. Львов) ОП-2000, ОПШ-15,  
а также запчасти к ним;
- разбрасыватели минеральных удобрений МВУ-0.5г,  
МВУ-5, МВУ-12;
- грабли ГВР-3, ГВР-6 и запчасти к ним;
- двигатели Д-243, Д-245;
- автомобильные и сельскохозяйственные шины;
- аккумуляторы;
- запчасти к тракторам и др. сельскохозяйственной  
технике.

*Возможны расчеты на бартерной основе.  
Тел/факс: (017) 464-560, 453-192.*