

Литература.

1. Куртепов М.М. О коррозии аппаратуры из нержавеющей сталей при концентрировании выпариванием радиоактивных отходов // Атомная энергия, 1965. – Т. 19, № 2. – С. 153-157.
2. Патон Б.Е., Сараев Ю.Н., Лебедев В.А. Совершенствование технологических процессов сварки и наплавки на основе методов управляемого высокоэнергетического воздействия на характеристики плавления и переноса электродного металла / Сборник трудов Международной научно-практической конференции с элементами научной школы для молодых ученых «Инновационные технологии и экономика в машиностроении». 20-21 мая 2010 г. Юрга. – С. 15 – 22.
3. Сараев Ю.Н., Безбородов В.П., Демьянченко А.А. Управление микрометаллургическими процессами при адаптивной импульсно-дуговой сварке легированных сталей // Перспективные материалы. – 2011. - № 13 (специальный выпуск). – С. 290 – 294.
4. Saraev Y. Adaptive pulse-arc welding methods for construction and repair of the main pipelines / Proceedings of The 2nd South-East European IIW International Congress «Welding – HIGH-TECH Technology in 21st century». Sofia, Bulgaria, October 21st-24th 2010. – P. 174-177.
5. Сараев Ю. Н. Обоснование концепции повышения безопасности и живучести технических систем, эксплуатируемых в регионах Сибири и Крайнего Севера, на основе применения адаптивных импульсных технологий сварки // Тяжелое машиностроение. – 2010. - № 8. – С. 14 – 19.
6. Сараев Ю.Н., Безбородов В.П. Влияние энергетических параметров процесса сварки на структуру и свойства сварных соединений низколегированных сталей // Сварочное производство. – 2012. - № 8. – С. 3 – 5.
7. Сараев Ю.Н., Безбородов В.П. Селиванов Ю.В. Влияние режимов ручной дуговой сварки на характер коррозионного разрушения в кислых средах сварных соединений 12X18H10T // Сварочное производство. – 2008. - № 4. – С. 3 – 7.
8. Сараев Ю.Н., Полетика И.М., Козлов А.В., Никонова И.В., Курдюкова И.А., Екимов В.С. Управление структурой и свойствами ответственных сварных соединений на основе применения импульсного технологического процесса сварки // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2003. - № 9. – С. 46 – 51.
9. Сараев Ю.Н., Полетика И.М., Козлов А.В., Кирилова Н.В., Никонова И.В., Перовская М.В., Екимов В.С., Салько А.Е. Формирование структуры и свойств сварных соединений при адаптивной импульсно-дуговой сварке покрытыми электродами ответственных конструкций, работающих в условиях низкочастотного термоциклирования // Сварочное производство. – 2004. – № 1. – С. 22 – 27.
10. Сараев Ю.Н., Полетика И.М., Козлов А.В., Кирилова Н.В., Никонова И.В., Салько А.Е. Влияние режима сварки на структуру, распределение микротвердости и механические свойства сварных соединений паропроводов // Сварочное производство. – 2002. – № 8. – С. 3 – 8.
11. Сараев Ю.Н., Лунев А.Г., Селиванов Ю.В. Расчет размеров валиков коррозионно-стойких покрытий, наносимых ручной дуговой наплавкой модулированным током // Технология машиностроения. – 2010. – № 2. – С. 24 - 27.
12. Сараев Ю.Н., Безбородов В.П., Григорьева А.А. Совершенствование технологических процессов сварки и наплавки на основе методов адаптивного импульсного высокоэнергетического воздействия на характеристики переноса электродного металла и кристаллизации сварочной ванны // Сварка и диагностика. – 2013. – № 5. – С. 44 – 47.
13. Сараев Ю.Н., Безбородов В.П., Григорьева А.А., Голиков Н.И., Дмитриев В.В., Санников И.И. Распределение остаточных напряжений в сварных соединениях из стали 09Г2С методами адаптивной импульсно-дуговой сварки // Сварочное производство. – 2014. - № 2. – С. 3 – 7.

**СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ НЕГАТИВНЫХ ЯВЛЕНИЙ В
ПРОЦЕССЕ НАПЛАВКИ ВЫСОКОПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ**

*Е.Г. Григорьева, ассистент кафедры АИ, Д.А. Чинахов, к.т.н., доцент
Юргинский технологический институт*

*Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. 8(38451)6-26-83
E-mail: sedasch@mail.ru*

В настоящее время одними из наиболее перспективных для использования в машиностроительном производстве являются высокопрочные и износостойкие стали. В нашей стране к высокопрочным относятся легированные стали, временное сопротивление которых, после закалки и отпус-

ка, более 1600 МПа [1]. Несмотря на высокие эксплуатационные свойства высокопрочных сталей, возникает необходимость восстанавливать детали, изготовленные из данных сталей. Наплавка изношенных поверхностей занимает ведущее место из-за своей универсальности [2]. Высокопрочные стали в сравнении с обычными низкоуглеродистыми и низколегированными требуют специфического подхода к процессу наплавки. Для сталей данного класса характерной особенностью является образование закалочных структур в шве и зоне термического влияния, создающих опасность хрупкого разрушения.

Необходимо также учитывать, что легированные высокопрочные стали (Н18К9М5Т, 30ХГСА, 25ХГСА, 12Х2НЧА и др.) чувствительны к концентраторам напряжений, особенно после обычной закалки и отпуска, а также подвержены охрупчиванию в результате насыщения водородом, что при высоких внутренних напряжениях или циклической нагрузке может служить причиной зарождения холодных трещин.

Данные свойства высокопрочных сталей оказывают негативное влияние и на восстановительные работы наплавкой. Поэтому актуален вопрос разработки эффективного способа восстановления деталей изготовленных из высокопрочных сталей.

Авторы работ [3] предлагают усовершенствовать технологии наплавки для снижения вероятности образования трещин. Наплавленный слой, созданный по традиционной технологии последовательной укладкой валиков по винтовой траектории с постоянным перекрытием, обладает существенной неоднородностью свойств в различных направлениях. Так, стойкость металла против износа и трещин вдоль шва и поперек него существенно отличаются. При наплавке рабочего слоя в виде слоистой композиции, в которой смежные слои выполняются материалами с различными модулями упругости, обеспечивается необходимое соотношение пластических и прочностных свойств. При наличии градиента механических свойств на границе смежных слоев разрушение композиции ведет к резкому увеличению радиуса вершины трещины, что препятствует ее дальнейшему развитию.

В качестве препятствий на пути развития трещин могут также служить участки наплавленного металла, ориентированные таким образом, чтобы направлению вероятного роста трещины соответствовало направление максимальной сопротивляемости его образованию трещин. С этой целью рабочую поверхность необходимо наплавлять швами непрямолинейной формы (дугообразными, зигзагообразными). В этом случае на пути развития трещин периодически будут встречаться участки с высокой стойкостью против их развития (поперечные участки шва).

Одним из путей сдерживания процессов зарождения и развития трещин является получение наплавленной поверхности кольцевыми швами с предварительным формированием дискретных наплавленных участков в виде точек или поперечных коротких валиков на пути будущей траектории наплавки непрерывного кольцевого шва.

Для реализации усовершенствованной технологии наплавки гетерогенных слоев необходимо изготовление дорогостоящего оборудования для поперечного перемещения электрода. Что является сдерживающим фактором, ограничивающим широкое применение данного способа.

Авторы [4] предлагают для качественного ремонта крупногабаритных деталей и узлов пользоваться гетерогенным присадочным металлом и специальной техникой наложения швов (валиков). В качестве специальной техники наплавки ремонтного шва обычно применяется обратно-ступенчатый способ или, например, «горкой». Существует и ряд других способов, в том числе с использованием модулированных режимов работы механизированного оборудования, использование импульсной подачи электродной проволоки, другие виды импульсно-дуговых процессов. Для наплавки рекомендуют использовать разработанные в ИЭС имени Е. О. Патона самозащитные порошковые наплавочные электродные проволоки типов ПП-АН 198 и ПП-АН 202, позволяющие наплавлять металл с высокими механическими показателями.

Следует отметить, что в последнее десятилетие все с большим успехом при наплавке используются полуавтоматы с импульсной подачей электродной порошковой проволоки, в частности, при сложных ремонтах уникальной техники созданием особых типов наплавленных поверхностей с регулируемым смешиванием основного и присадочного металла и весьма существенной экономией электроэнергии и электродных материалов [5].

Для реализации усовершенствованной технологии необходимо изготовление дорогостоящей самозащитной проволоки и высокая квалификация персонала выполняющего наплавочные работы. Так же для рассмотренных технологий необходимо применение оборудования (полуавтоматов) соответствующего специфическим требованиям. Все это является сдерживающим фактором, ограничивающим широкое применение данного способа.

В настоящее время, наиболее распространённым способом восстановления, является, наплавка в среде защитных газов. Она отличается простотой процесса в сочетании с высокой производительностью, маневренностью и универсальностью. Важным недостатком данного способа в отношении высокопрочных сталей, является необходимость предварительного подогрева детали и последующей термической обработки, для предотвращения закалки и образования холодных трещин. Эти операции усложняют техпроцесс и ведут к дополнительным энергетическим и трудовым затратам.

Стоит отметить, что учеными [6-8] были проведены экспериментальные исследования сварочных процессов с традиционным (одноручным) и с разработанным двухручным способом газовой защиты зоны сварки. Применение двухручной газовой защиты обеспечивает по сравнению с традиционной надежную защиту сварочной ванны, измельчение структуры металла сварного шва, плавный переход от металла шва к основному, повышение механических свойств сварных соединений, уменьшает химическую неоднородность металла шва за счет более интенсивного газодинамического перемешивания расплавленного металла в сварочной ванне.

Способ сварки легированных сталей с двухручной газовой защитой в CO_2 обеспечивает высокие механические свойства сварных соединений без предварительного подогрева и последующей термообработки и является ресурсо- и энергосберегающим [7].

Сварка и наплавка являются родственными процессами, стоит предположить, что данный способ сварки можно успешно применять и для нанесения наплавленного слоя. Геометрия наплавленного валика с применением двухручного сварочного сопла имеет более плоскую форму, что является благоприятным фактором для применения его при наплавке.

Применение флюса или защитных газов при дуговой наплавке связано с определенными технологическими трудностями. Использование порошковой проволоки или ленты с необходимым составом сердечника позволяет отказаться от флюса и защитных газов.

В состав сердечников электродных материалов кроме порошков легирующих компонентов вводят газо- и шлакообразующие вещества, которые защищают жидкий металл от воздействия атмосферы и повышают стабильность процесса наплавки.

В тоже время износостойкая наплавка быстро изнашиваемых деталей порошковыми самозащитными электродными проволоками по ГОСТ 26101-84 позволяет достаточно быстро ликвидировать дефицит быстро изнашиваемых дорогостоящих элементов тяжелого оборудования. Для качественного ремонта крупногабаритных деталей и узлов в большинстве случаев необходимо пользоваться гетерогенным присадочным металлом и специальной техникой наложения швов (валиков). Правильный выбор гетерогенной присадки и соответствующей техники наплавки позволяют в большинстве случаев отказаться от проведения затратной операции внешнего нагрева.

Из выше изложенного установлено, что для получения качественного наплавленного слоя на детали из высокопрочных сталей целесообразно выполнять следующие технологические рекомендации:

- применять порошковые проволоки, соответствующие требованиям, предъявляемым к восстановленным поверхностям;
- применять двухручную газовую защиту.

В дальнейшем планируется провести подробные исследования процесса наплавки высокопрочной стали с применением порошковой проволоки и двухручной газовой защиты.

Поиск оптимального состава флюса порошковой проволоки является трудоемким процессом, требующим проведения достаточно большого количества экспериментальных исследований. Математическое моделирование, в этом случае, является одним из наиболее эффективных средств планирования и прогнозирования свойств наплавленного слоя. Правильное планирование эксперимента с элементами математического моделирования поможет максимально полно изучить структуру и свойства наплавленного валика.

Литература.

1. Баранчиков В.И. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов. Справочник. – М.: Машиностроение, 1990. – 400 с.
2. Справочник сварщика // Под ред. В.В. Степанова. – М.: Машиностроение, 1983. – 560 с.
3. Чигарев В. В. Повышение работоспособности деталей и инструмента наплавкой гетерогенного слоя / В.В. Чигарев, В.П. Иванов, И.С. Псарева // Захист металургійних машин від поломок: зб. наук. пр. / ПДТУ. - Маріуполь, 2003. – Вип. 7. – С. 234–237.
4. Мозок В.М., Лебедев В.А. Новые возможности ремонтов деталей тяжелой техники импульсно-дуговой сваркой и наплавкой вне ремзаводов // Металлообработка. – 2009. – №4. – С. 16–19.
5. Lebedev V.A., Maksimov S.Yu. Reduction in power consumption and weld quality control in welding using a controllable pulsed feed of electrode wire / International Congress on Advances in Welding

Science and Technology for Construction, Energy and ansportation Systems (AWST-2011). 24–25 October 2011. Antalya, Turkey. 371–373 p.

6. Федько В.Т., Киянов С.С., Шматченко В.С., Сапажков С.Б. Применение двухструйных сопловых устройств для сварки в среде защитных газов // Автоматизация и современные технологии. –2003. –№3. – С.12–18.
7. Чинахов Д.А. Влияние режимов сварки плавлением на структуру и свойства соединений из легированных сталей: монография/Д.А. Чинахов. Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 114с.
8. Чинахов Д.А., Роль газодинамического воздействия струи защитного газа на процессы сварки плавящемся электродом: монография/Д.А. Чинахов; Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 151 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАПЛАВКИ ЛЕНТОЧНЫМ ЭЛЕКТРОДОМ УПРАВЛЕНИЕМ ПРОЦЕССОМ ПЕРЕНОСА ЭЛЕКТРОДНОГО МЕТАЛЛА

В.П. Иванов, к.т.н., доц., Е.В. Лаврова, к.т.н., ст. преп.

Приазовский государственный технический университет

87500, Украина, г. Мариуполь, ул. Университетская, 7, тел. (098)-110-99-35

E-mail: ivanov_v_p@pstu.edu

Процессы электродуговой наплавки, обладая рядом технологических преимуществ перед другими видами восстановления и создания рабочих слоев изделий, широко используются в ряде отраслей промышленности. В то же время, условия, диктуемые современным этапом развития производства, настоятельно требуют совершенствования технологии, разработки средств автоматизированного проектирования и управления технологическими процессами и оборудованием для наплавки.

Одним из направлений совершенствования механизированной дуговой наплавки является использование управляемого переноса электродного металла, обеспечивающего принудительный отрыв и перенос капель в сварочную ванну. Известны конструкции и системы импульсной подачи, предназначенные преимущественно для проволоочного электрода [1,2].

Существующие механизмы импульсной подачи электродной проволоки, с регулированием параметров импульсов, как и многие подобные, не применимы для наплавки под флюсом ленточным электродом с принудительным сбросом электродного металла.

Для наплавки под флюсом ленточным электродом важна не только импульсная подача, но и частота колебаний торца ленточного электрода, а также другие факторы, обеспечивающие принудительный сброс металла для равномерного распределения тепловой энергии в сварочной ванне.

Цель статьи состоит в получении количественных характеристик разработанной кинематической схемы для регулируемого принудительного механического переноса электродного металла при наплавке под флюсом ленточным электродом

Для регулирования переноса электродного металла и тепловложения в ванну при наплавке лентой разработана технология и оборудование с продольными возвратно-поступательными колебаниями торца электрода [3,4], где эксцентрик с радиусом r и величиной эксцентриситета e совершает вращательные движения на угол φ с перемещением на расстояние f при нижнем положении эксцентрика. При этом касание эксцентрика с ленточным электродом происходит в точке C (плечи l_1 и l_2). При повороте эксцентрика на угол φ точка касания перемещается в F , в результате чего ленточный электрод отклоняется на угол α по отношению к основанию устройства и образуются плечи lt_1 и lt_2 (рис. 1). В результате работы такой системы устройства, торец ленточного электрода осуществляет перемещение на расстояние S из точки E в точку B .

В этом случае зависимость изменения скорости перемещения торца ленточного электрода металла на входе в ванну с учетом скорости равномерной подачи имеет вид:

$$\left| \begin{aligned} V(t) &= V_a(t) - V_b(t) + V_L \\ V_a(t) &= \frac{2 \cdot \omega \cdot e \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot (a_1 + e \cdot (\cos(\omega \cdot t) - 1)) - 2 \cdot \omega \cdot e \cdot \cos(\omega \cdot t) \cdot (e \cdot \sin(\omega \cdot t) + \sqrt{l_2^2 - a_1^2})}{2 \cdot \sqrt{(e \cdot \sin(\omega \cdot t) + \sqrt{l_2^2 - a_1^2})^2 + (a_1 + e \cdot (\cos(\omega \cdot t) - 1))^2}} \\ V_b(t) &= \frac{2 \cdot \omega \cdot e \cdot \cos(\omega \cdot t) \cdot (e \cdot \sin(\omega \cdot t) - l_1 \cdot \cos(\alpha_1)) - 2 \cdot \omega \cdot e \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot (a_1 + e \cdot (\cos(\omega \cdot t) - 1))}{2 \cdot \sqrt{(e \cdot \sin(\omega \cdot t) - l_1 \cdot \cos(\alpha_1))^2 + (a_1 + e \cdot (\cos(\omega \cdot t) - 1))^2}} \end{aligned} \right. \quad (1)$$