

УДК 621.791.92

Н.Н. Кувшинова

**НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЭКЗОТЕРМИЧЕСКОЙ НАПЛАВКИ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Приводится описание основных способов экзотермической наплавки и областей ее применения. Рассматривается влияние параметров экзотермической наплавки на ее качество. Представлены направления развития экзотермической наплавки.

*Ключевые слова:* экзотермическая наплавка, термитная шихта, железная окалина, качество наплавки.

Экзотермическая наплавка представляет собой процесс нанесения на поверхность металлической детали жидкого металла заданного химического состава, получаемого в результате экзотермической реакции металла-восстановителя с окислом металла. Образующаяся при этом окись металла-восстановителя уходит в шлак и служит защитой восстановленного металла от атмосферного воздействия.

Алюминий имеет большее сродство к кислороду, чем большинство других металлов. Поэтому ему отдается предпочтение как металлу-восстановителю (реакцию называют еще и алюминотермитной), причем он относительно дешев и имеется в достаточном количестве. В качестве оксида металла чаще всего применяют содержащую оксиды железа железную окалину или железную руду. Продуктами реакции являются железо, восстанавливаемое из оксидов (термитная сталь) и оксид алюминия (термитный шлак). Обычно получают 50% железа и 50% шлака [1, 3, 4].

Экзотермическая наплавка имеет преимущества перед другими способами сварки прежде всего отсутствием источника электрической энергии и применением в качестве компонентов термитной шихты дешевых порошков первичного алюминия и отхода металлургического производства – железной окалины, а также высокой скоростью экзотермической реакции – до двух тонн металла может наплавиться всего за 20 секунд. Однако длительные подготовительные работы и трудности контролирования самого процесса наплавки существенно ограничивают область применения экзотермической наплавки.

Расширение технологических возможностей наплавки может внести свой вклад в решение проблем энерго- и ресурсосбережения. И прежде всего, необходимы сведения о состоянии развития экзотермической наплавки до настоящего времени, чтобы наметить перспективы для дальнейших исследований и разработок.

Целью данной работы является определение направлений для расширения технологических возможностей экзотермической наплавки. Пути для достижения цели в данной работе служат анализ и систематизация известных способов экзотермической наплавки и областей ее применения. Основными областями применения термитной наплавки на сегодняшний день являются транспортная и ремонтно-литейная промышленность. Более наглядно связь между способами экзотермической наплавки и областями ее применения представлена на рис. 1.

В транспортной промышленности термитную наплавку используют на железных дорогах при восстановлении изношенных частей рельсов и при прокладке нефте- и газопроводов для приварки (наплавки) к трубопроводу электрохимической защиты.

Изнаненную часть рельсов восстанавливают литьем расплавленного металла или тигельным способом (рис. 2).

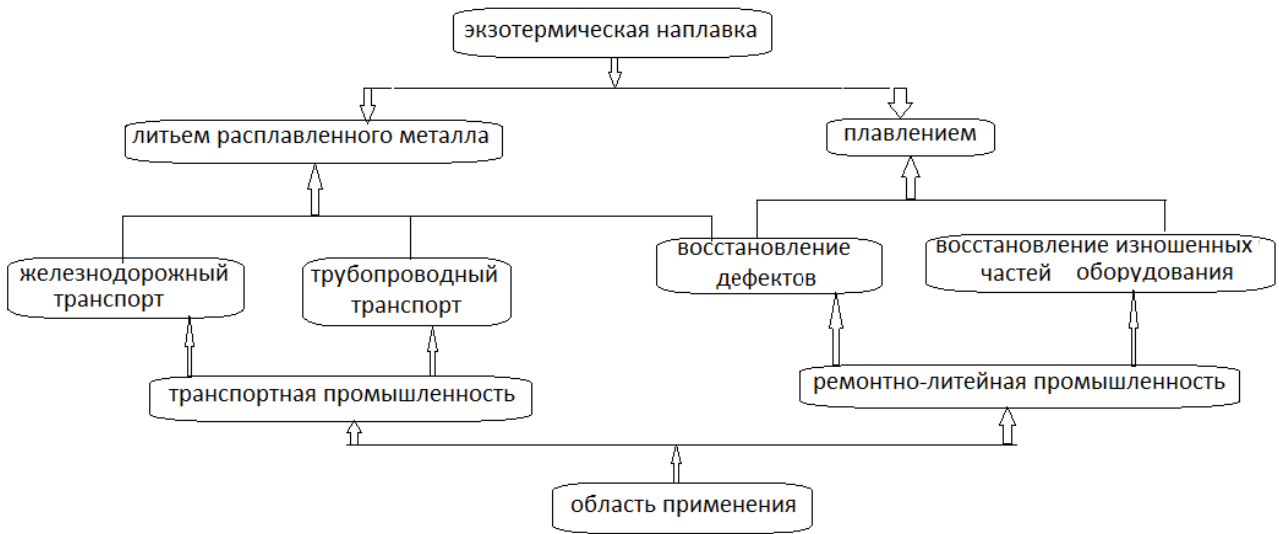


Рис. 1. Способы и область применения экзотермической наплавки

При этом способе [2; 3; 4] зону дефекта нагревают до 800...1000°С. Термитную шихту засыпают в тигель и доводят до реакции. Расплавленную термитную сталь выливают из тигля в сварочную форму, расположенную в зоне наплавки на наплавляемой поверхности или охватывающую наплавляемую деталь. Чаще всего, форму выполняют из песчано-глинистой смеси. Форма формирует заливаемый металл и служит теплоизолятором, уменьшая потери тепла. Конфигурация формы зависит от конструкции обрабатываемой детали. В зависимости от этой конфигурации подвод металла может производиться сверху или сбоку. Расплавленный металл плавит подогретый основной материал на поверхности их контакта. Возникает сварное соединение наплавленного металла с основным.

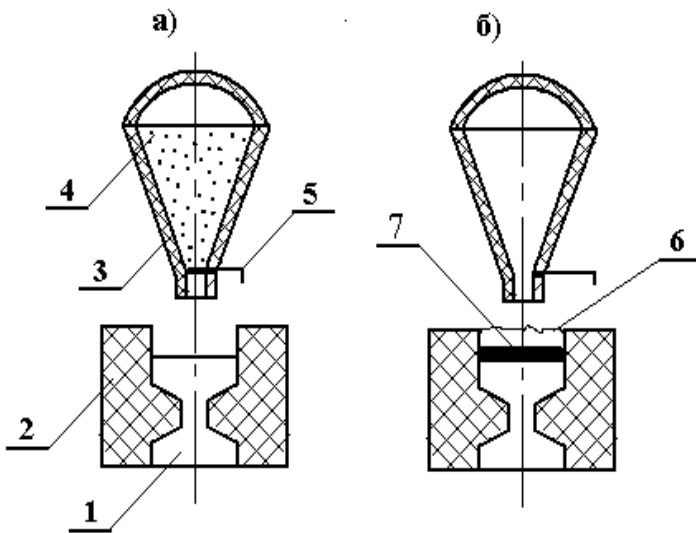


Рис. 2. Схема экзотермической наплавки литьем расплавленного металла:

- а – до реакции,
- б – после реакции.
- 1 – деталь,
- 2 – ограждение,
- 3 – тигель,
- 4 – термитная шихта,
- 5 – заслонка,
- 6 – термитный шлак,
- 7 – наплавка

Тигель для наплавки литьём представляет собой конусообразную огнеупорную ёмкость, выполненную чаще всего из магнезита, с крышкой или без неё. В его нижней части имеется отверстие с заслонкой. Через это отверстие после удаления заслонки сливается в сварочную форму термитный металл и выпускается шлак.

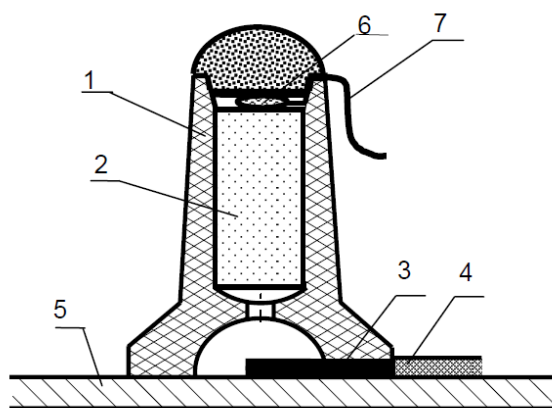
В качестве шихты при восстановлении изношенной части рельса используют железоалюминиевый термит. Порции термита для наплавки рельсов рекомендуют применять от

трех килограмм и выше, так как для качественного соединения требуются относительно большие порции шихты.

Суть приварки электрохимической защиты к стенке трубопровода представлена на рис. 3 [5].

На предварительно зачищенную и обезжиренную поверхность трубопровода 5 устанавливают форму 1, снабженную термитной смесью 2, термopоджигом (запалом) 6 и огнепроводным шнуром 7, затем вводят в литниковую систему формы вывод ЭХЗ 3, далее поджигают огнепроводный шнур 7, посредством которого воспламеняется термopоджиг 6, передающий тепловой импульс термитной смеси 2 и в результате экзотермической реакции наплавляемый металл заполняет литниковую часть формы 1 и происходит приварка вывода ЭХЗ 3 к стенке газопровода.

В качестве шихты для приварки (наплавки) выводов электрохимической защиты (ЭХЗ) используют как железоалюминиевый термит, так и медный термит (термит на основе оксидов меди) [5].



**Рис. 3. Схема экзотермической приварки (наплавки) вывода электрохимической защиты (ЭХЗ):**

1 – разовая тигель-форма; 2 – термитная смесь; 3 – вывод ЭХЗ;  
4 – провод вывода ЭХЗ; 5 – стенка газопровода; 6 – термopоджиг; 7 – огнепроводный шнур

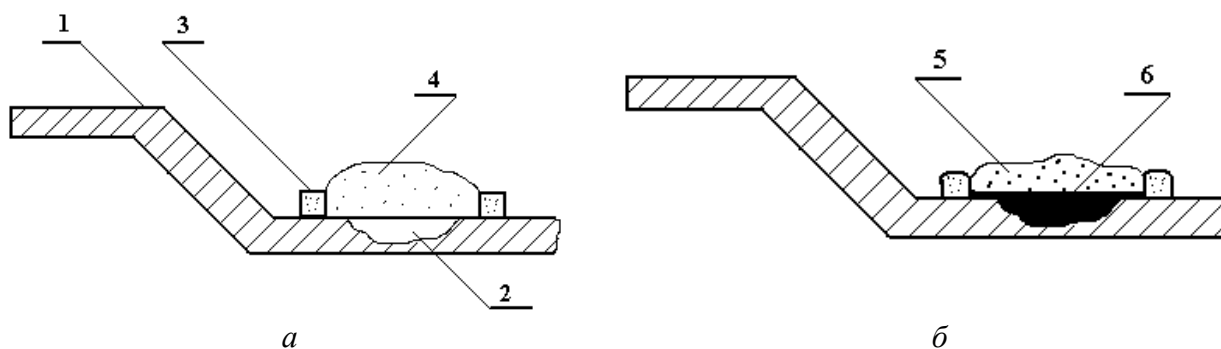
Форма для наплавки может быть как разового, так и многоразового использования. Форму многоразового использования выполняют чаще всего из графита [5]. Такую форму выпускают серийно и ее можно приобрести в специализированных магазинах. Применение уже готовых форм значительно облегчает подготовительные работы.

Порции термитной шихты для приварки ЭХЗ относительно небольшие, от 50 г. Компоненты этой шихты более тщательно подготовлены и состоят не из отходов, а из специальных химически чистых окислителя и восстановителя. Это обуславливает их более высокую стоимость, а также достаточно высокое качество соединения основного металла с наплавленным.

Благодаря высокому качеству наплавки, отсутствию электроэнергии и достаточно простым подготовительным работам экзотермическая наплавка заняла лидирующее положение перед двумя другими применяемыми для этих же целей способами наплавки – ручной дуговой и конденсаторной.

В ремонтно-литейной промышленности экзотермическую наплавку применяют для исправления поверхностных дефектов литья и восстановления изношенных частей машин и

оборудования. Основным способом наплавки в этой области — это экзотермическая наплавка плавлением.



**Рис. 4. Схема экзотермической наплавки плавлением кокильного дна до реакции (а) и после реакции (б):**

1 – стальной кокиль; 2 – дефект; 3 – ограждение (песчаный валик); 4 – термитная шихта;  
5 – термитный шлак; 6 – наплавка (термитная сталь)

При наплавке плавлением поверхность дефекта тщательно зачищают от загрязнений, устанавливают форму – ограждение, конфигурация которого должна соответствовать форме дефекта, и производят предварительный подогрев, если он необходим. Затем на подготовленную поверхность детали в зоне наплавки насыпают термитную шихту и возбуждают экзотермическую реакцию, нагревая шихту, например, пламенем газовой горелки. Температура зажигания термитной смеси лежит между 1300–1400°C. Выделяющееся во время реакции тепло передаётся расплавленным термитным металлом основному металлу детали и оплавляет его. Образуется наплавленный слой.

Наплавку производят в песчаной, керамической или глиняной форме – ограждении, которую устанавливают непосредственно на поверхность детали вокруг места наплавки. Такая форма служит теплоизолятором, уменьшая потери тепла.

Наплавку плавлением применяют для обработки деталей с плоскими поверхностями [4,6]. Хорошие результаты получают при ремонте изношенных поверхностей. Примером применения наплавки плавлением может служить ремонт изношенной части дна стального кокиля (рис. 4).

При наплавке плавлением экзотермическая реакция идёт непосредственно на поверхности обрабатываемой детали. В результате практически отсутствуют затраты тепла на нагрев тигля и на охлаждение продуктов реакции в процессе их заливки в зону наплавки. Это повышает термический КПД процесса, что является несомненным преимуществом наплавки плавлением. Однако для заварки относительно небольших дефектов этот способ практически неприменим, поскольку в этом случае требуется сосредоточить тепловую мощность источника тепла, которым является реагирующая экзотермическая смесь, на небольшой площади, занимаемой дефектом. Способ наплавки плавлением такой концентрации тепла обеспечить не может. Известны также и технологии, сочетающие признаки и экзотермической наплавки плавлением и литьем расплавленного металла, например [7,8].

Существующие ныне технологии экзотермической наплавки позволяют наплавлять лишь в горизонтальном положении и в узких пределах контролировать горение экзотермической смеси. Рассмотрим более подробно недостатки экзотермической наплавки и известные способы борьбы с ними.

Горение термитной шихты характеризуется интенсивностью разбрызгивания и при неудачном сочетании компонентов термитной шихты – пироэффектом. Во время горения или химической реакции компонентов шихты внешнее вмешательство практически невоз-

можно, поэтому следует очень тщательно изначально подбирать количество, состав шихты и соответствующую для нее оснастку. Так, известно для стабилизации горения введение в шихту технологических добавок, например, соды или стальной обечки [1, 3].

Конфигурация формы также влияет на качество наплавки: максимально закрытая форма может минимально снизить разбрызгивание и максимально сосредоточить тепло на наплавляемом участке.

Не последнюю роль играет и предварительный подогрев зоны наплавки. При приварке выводов ЭХЗ используют небольшие порции шихты с более тонко измельченными компонентами – предварительный подогрев не требуется.

При использовании способа наплавки плавлением, когда шихту засыпают в сам дефект, подогрев осуществляют от 200 до 600 °С. Меньше нижнего предела – возможен не провар, выше – раннее воспламенение шихты при насыпании в полость дефекта, а также возрастает вероятность возникновения прожога, ведь данный способ наплавки подходит только для больших порций шихты от нескольких десятков килограмм и более. А чем больше порция шихты, тем соответственно больше и ее теплотворная способность.

При тигельном способе наплавки или литьем расплавленного металла подогрев осуществляют от 850 до 900 °С. Высокий предварительный подогрев здесь компенсирует потери тепла, расходуемые на стенки тигля, конвекцию и излучение, а также на расстояние,ходимое металлом от тигля до основного металла.

Наиболее перспективным направлением дальнейших разработок в области термитной наплавки может быть восстановление дефектов стального литья и железосодержащих сплавов и их изделий.

Во-первых, такие изделия широко применяются в промышленности.

Во-вторых, в качестве составляющих шихты используется железная окалина – отход металлургического производства, что поможет решить проблему ресурсосбережения.

В-третьих, хорошо освоена и изучена технология только для восстановления крупных дефектов, разработки для исправления дефектов различной конфигурации и величины сделали бы экзотермическую наплавку более универсальной.

Таким образом, чтобы расширить технологические возможности экзотермической наплавки целесообразно разработать рабочие технологические процессы заварки дефектов стального литья и железосодержащих сплавов применительно к условиям крупносерийного и массового производства. Это можно сделать с помощью классификации типоразмеров литых деталей, сталей, из которых они изготавливаются, а также типов, размеров и характера залегания дефектов на поверхности этих деталей. На основе этой классификации должны быть выделены типовые группы деталей с типовыми дефектами, для которых следует разрабатывать рабочие технологические процессы.

#### Библиографический список

1. **Кувшинова, Н. Н.** Энергосберегающая технология наплавки стальных деталей // Сварочное производство. 2010. №1. С. 12–14.
2. **Генкин, И. З.** Сварные стрелочные переводы / И. З. Генкин [и др.] // Вестник ВНИИ железнодорожного транспорта, 1997. С. 23–29.
3. **Малкин, Б. В.** Термитная сварка / Б. В. Малкин, А. А. Воробьев. – М.: Машгиз, 1963.
4. **Нойман, А.** Сварка, пайка, клейка и резка металлов и пластмасс: справочник / А. Нойман, Е.Рихтер. – М.: Металлургия, 1980. С. 24–27.
5. СТО Газпром 2–2.2–136–2007
6. А. с.о СССР № 1727969. Способ ремонта изделий с открытыми дефектами поверхности., Гейченко В.Н., Садовский В.А. и др. от 06.12. 1989. МКИ В23К23/00; В23Р6/04

7. Пат. РФ № 2182063. Способ ремонта деталей с открытыми поверхностными дефектами / Казаков Ю.В., Корнилов В.А., Кувшинова Н.Н. М. Кл. В23Р6/00, В23К23/00. – 99123784/02; Заявлено 11.11.99; Опубл. 10.05.2002, Бюл. № 13.
8. Пат. РФ № 2039639. Способ термитной сварки и термостержень для термитной сварки / Амосов А.П., Самборчук А.Р. и др., от 01.07. 1993. МКИ В23К23/00.

*Дата поступления  
в редакцию 11.12.2014*

**N. N. Kuvshinova**

## **FIELDS OF DEVELOPMENT OF EXOTHERMIC WELD OVERLAYING**

Nizhny Novgorod state technical university n. a. R. E. Alexeev

A description of the main methods and fields of application of exothermic weld overlay is provided. The effect of parameters of exothermic weld overlay on its quality is studied. Fields of development of exothermic weld overlay are presented.

*Key words:* exothermic weld overlay, thermit charge, iron dross, weld overlay quality.