

## ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПРАВЛЕНИЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ЧУГУННЫХ ОТЛИВОК ТЕРМИТНОЙ НАПЛАВКОЙ

Андрушевич А.А., к.т.н., доцент; Валадько А.Е., магистрант  
Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь

В машиностроении большинство деталей изготавливаются различными методами литья. При изготовлении литых деталей сокращается число технологических операций, снижается процент выхода материала в отходы, снижаются затраты по доставке металлопроката. Все это позволяет сократить время и трудозатраты на изготовление конечного изделия, что значительно сказывается на стоимости продукта [1,2].

В производстве машин и оборудования наиболее распространены отливки из чугуна. В зависимости от вида и сложности отливок при производстве литых деталей могут появляться литейные дефекты в виде раковин, недоливов, ужимин, отверстий, трещин и т.д. [3]. На практике количество дефектных изделий допускается не более 7-8 % от общего числа отливок. С целью сокращения затрат полученные дефекты устраняют различными способами: заварка, наплавка, заделка эпоксидными смолами. В большинстве случаев все эти способы трудоемки и малоэффективны [3].

Одним из недостатков чугунов является то, что они обладают плохой свариваемостью и наплавляемостью. При сварке-наплавке чугуна происходит отбеливание, появление участков с выделением цементита, а также образование трещин в околошовной зоне. Из-за низкой температуры плавления, по сравнению со сталью, сварочная присадка быстро переходит из жидкого состояния в твердое, что приводит к образованию пор в шве, поскольку интенсивное выделение газов из сварочной ванны продолжается и на стадии кристаллизации. Из-за высокой жидкотекучести чугуна расплавленный металл вытекает из шва и окисляет кремний, что приводит к образованию тугоплавких оксидов и в дальнейшем к непроварам [4].

Процесс наплавки технологически отличается от метода сварки тем, что в нём наращивается слой металла на изделие. Наплавкой осуществляется восстановление размеров детали, уменьшенных износом. Восстановительная наплавка имеет высокую экономическую эффективность, так как таким способом восстанавливаются сложные дорогие детали. Облицовочная наплавка применяется для создания на поверхности детали слоя материала с особыми свойствами – высокой твердостью и износостойкостью как при ремонте, так и при изготовлении новых изделий [5].

Наплавку чугуна применяют при ремонтно-восстановительных работах и для изготовления технологических конструкций. Чугун наплавляют при ремонте деталей, после механической обработки отливок и для устранения дефектов литья.

При выборе способов наплавки опыт производства показывает необходимость учета следующих моментов:

- из-за высокой хрупкости при неравномерном нагреве и охлаждении в процессе наплавки могут возникнуть трещины;
- сильное газообразование в ванне может вызвать пористость сварных швов;
- высокая жидкотекучесть приводит к необходимости изготовления шовной ванны;
- ускоренное охлаждение приводит к образованию отбеленной прослойки в околошовной зоне и затрудняет дальнейшую механическую обработку.

В зависимости от условий эксплуатации к наплавленным поверхностям предъявляются различные требования – от декоративной наплавки наружных дефектов до получения равнопрочных свойств с основным металлом изделий[4].

Наплавку чугуна осуществляют дуговой сваркой металлическими или угольными электродами, порошковой проволокой, газовой наплавкой и другими способами. В зависимости от температуры предварительного подогрева различают горячую и холодную наплавку.

Горячую наплавку используют тогда, когда металл шва должен по своим свойствам приближаться к свойствам основного металла детали.

Основными недостатками данного способа восстановления деталей являются:

- большая трудоемкость (дефектное место зачищают, в случае необходимости приготавливают графитовые формы, для предотвращения вытекания жидкого металла);

- высокая стоимость работ (отливки нагревают в печах до температуры 300 – 700°С, сила тока при сварке-наплавке должна составлять от 300 до 1000А, заваренные, наплавленные детали для медленного охлаждения засыпают мелким древесным углем или сухим песком);

- тяжелые условия труда сварщиков (во время сварки поддерживают значительный объем расплавленного металла в сварочной ванне и тщательно перемешивают).

Холодная наплавка используется чаще, чем горячая. Она не требует предварительного подогрева заготовки, поэтому себестоимость ее немного ниже. При холодной наплавке требуется больше внимания уделять подготовке места наплавки. Наплавку производят стальными, медно-железными, медно-никелевыми, железно-никелевыми, никелевыми и другими электродами[4].

Соединение после холодной наплавки неоднородно, оно состоит из наплавленного металла, зон сплавления и термического влияния, размеры которых зависят от диаметров электродов и толщины наплавленного слоя.

В последнее время в производство все чаще начинает внедряться термитная сварка с применением термитных зарядов. В настоящее время она применяется в местах, где отсутствует возможность выполнить электросварочные работы: сваривание рельсов железнодорожных линий, проводов связи, электрических кабелей, звеньев цепей и так далее. Термитную сварку, на наш взгляд, можно использовать и в качестве наплавки при заделывании литейных дефектов чугунных отливок определенных размеров и форм.

Возможности термитной сварки позволяют производить соединение профилей любых типов и ремонт изделий с большим поперечным сечением, при этом сварке могут подвергаться материалы из стали, чугуна, алюминия. Температура термитной сварки 2000 – 2400°С. Скорость плавления во многом зависит от объема свариваемого материала, так до 2 кг наплавленного металла может быть нанесено за 30 секунд, а при использовании газо-электросварки это составит не менее 1-го часа непрерывной работы. Скорость сваривания равна скорости разливки соответствующего «объема» расплавленного металла. Положение шва при сварке может быть нижнее, горизонтальное, вертикальное (снизу вверх). Термитная сварка не требует источника тока, что позволяет использовать данный способ ремонта в полевых и дорожных условиях, на строительных площадках и так далее [2].

Важной областью использования термитной сварки, кроме применения по прямому назначению, является восстановление изношенных поверхностей деталей, исправление дефектов отливок. Обычно в качестве источника кислорода применяется железная окалина в следующем соотношении: Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> содержащий 27,6 % кислорода и 72,4 % железа. Для зажигания термита его необходимо нагреть хотя бы в одной точке до температуры порядка 1000° С. Начавшееся горение протекает интенсивно, быстро распространяется на весь объем термитной смеси и проходит по реакции:



Продолжительность термитной сварки составляет 20-30 секунд. В процессе сварки 1 кг алюминиевой термитной смеси выделяется около 3000 кДж. Время горения зависит от грануляции - размеров зерен смеси. Чем мельче зерно, тем быстрее заканчивается процесс горения.

Данная характеристика термитной сварки подтверждает, что термитная сварка вполне может быть использована в качестве наплавки. Таким образом, можно предположить, что наплавление материала вполне может происходить с помощью термитной сварки. Рассыпанный по поверхности и зажженный заряд термита в короткие сроки (не более 120 с) может наплавить любое количество металла. При этом не требуется источник тока или горючий газ. Высокая температура продуктов горения в процессе наплавки позволяет получить достаточно прочный спай основного металла отливки с наплавляемым материалом. Посредством термитной сварки (наплавки) можно приливать отломанные части стальных или чугунных деталей, наплавлять изношенные валы, отверстия, трущие поверхности деталей. Термитная наплавка позволит восстанавливать чугунные отливки на месте, в любых, даже полевых условиях, что в ряде случаев может представлять практический интерес.

На Пуховичском опытно-экспериментальном заводе (ПОЭЗ) дефекты чугунных отливок исправляют с помощью электродуговой сварки холодным способом. Данное предприятие выпускает крупногабаритные отливки весом от 600 до 800 кг, что не позволяет в производственных условиях производить нагрев отливки (рисунок 1 а). В связи с этим после исправления дефектов возникают негативные последствия, описываемые выше.

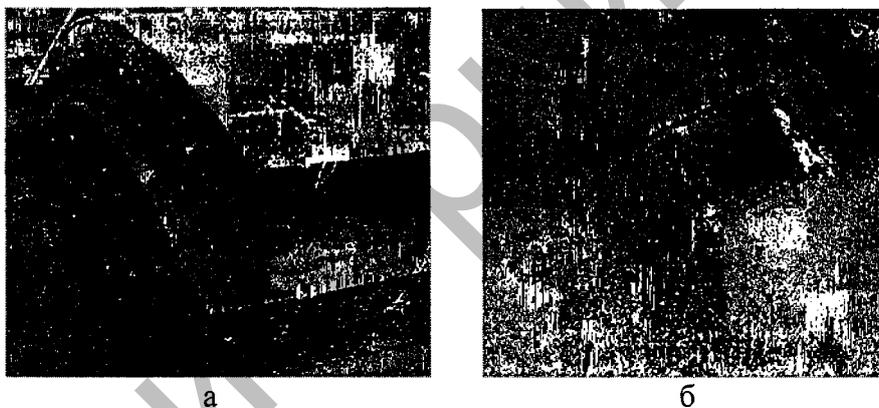


Рисунок 1 – Чугунный тюбинг: а) общий вид; б) исправленные дефекты

На ПОЭЗ показатель выхода дефектных отливок составляет 5 - 8 %. Дефекты на предприятии вызваны следующими причинами:

1. Невысокая температура заливаемого металла (литейный кокс низкого качества, нарушение технологии плавки завальщиками и вагранщиками).
2. Искажение геометрических размеров модели – отсутствие контроля за состоянием модельной оснастки модельного участка.
3. Некачественная формовка опок по вине формовщиков, несоблюдение технологии землеприготовления.

Исправление брака с экономической точки зрения выгоднее, чем подвергать дефектные отливки переработке, так как на них затрачены топливо, шихтовочный материал (ферросплавы, чушка), заработная плата. Чтобы переработать крупногабаритное изделие, требуются дополнительные затраты на бой отливки, переплавку, формовку, заливку, транспортировку и так далее.

По мере возможности дефекты исправляют с помощью электродуговой сварки холодным способом. Данный способ малопроизводителен, и для заделки одного дефекта

сварщик затрачивает 1-3 часа. При этом расходуется большое количество электроэнергии, электродов, оплачивается труд высококвалифицированных специалистов (разряд сварщика не ниже 6). На рисунке 16 показаны способы исправления дефектов: мелкие отверстия в стенках завариваются с помощью электросварки, большие отверстия исправляют с помощью ремонтной накладки.

На ПОЭЗ проводятся работы по разработке технологии, которая позволила бы эффективно и производительно исправлять литейные дефекты в крупногабаритном литье с минимальными затратами. При этом в качестве расходного материала необходимо использовать отходы собственного производства с минимальным расходом электроэнергии, несложным и недорогим оборудованием.

При условии, что в месяц производится 400 отливок, количество дефектных изделий составляет около 32 штук (8%), из них 21 (порядка 65-70 %) теоретически могут быть исправлены и переданы в производство на дальнейшую механическую обработку.

Проведенный анализ показал, что из общего числа дефектов в отливках 4-6% составляют так называемые «проблемные», исправление которых приводит к концентрации напряжений или росту трещин отливок и восстанавливать их нецелесообразно. 12-18 % составляют дефекты, для исправления которых требуется незначительное количество (от 0,01 до 0,05 кг) наплавляемого материала. Данную группу дефектов без больших проблем можно исправить с помощью электродуговой сварки. 75-85 % представляют отливки, для заделки которых требуется наплавить от 0,05 до 2 кг металла и восстанавливать такие крупногабаритные отливки с помощью сварки не всегда возможно или трудоемко (рисунок 2).

Теоретически такие дефекты можно восстанавливать с помощью заливки жидкого металла. Для этого метода отливку предварительно необходимо прогреть до температуры 700-900°C, в противном случае температура расплавленного чугуна будет недостаточна для заливки. В случае использования термитной наплавки подогрев отливки не требуется, так как температура расплавленного металла будет составлять более 2000°C, что обеспечит прогрев тела отливки и хорошую сцепляемость наплавляемого сплава с основным металлом. При прогреве массы отливки температура расплава понизится до 1300-1500°C, что не позволит ему расплавлять отливку. Кроме этого, получить порцию расплавленного металла с помощью термита гораздо дешевле, чем приготовить в плавильном агрегате.

Учитывая, что стоимость одного изделия составляет 1,5-2 млн. руб. и в месяц восстанавливается порядка 20 единиц продукции, ежемесячный экономический эффект в месяц составит не менее 25 млн. руб по предприятию. В настоящее время использование электродуговой сварки для исправления брака отливки помогает сэкономить только 20%.

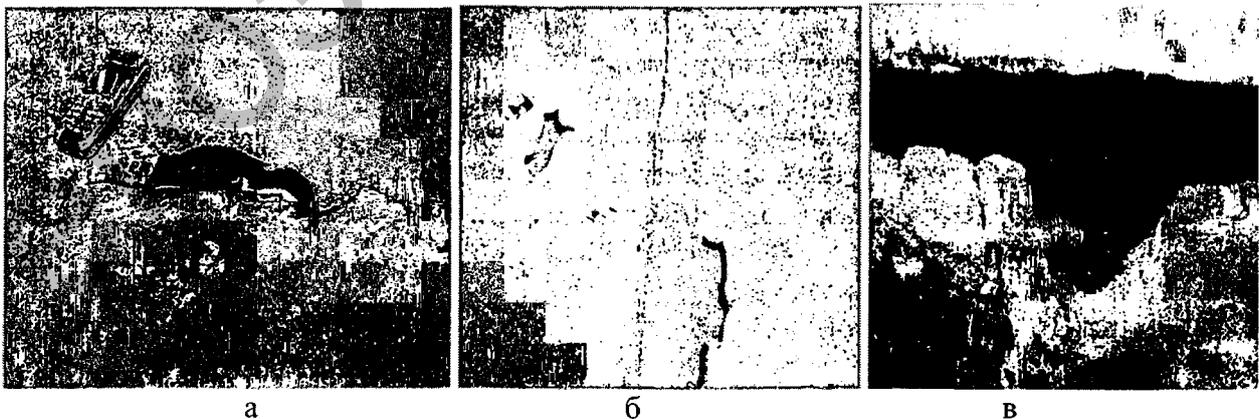


Рисунок 2 – Виды дефектов: а, б) недолив стенки, в) недолив ребер жесткости

После проведения теоретических исследований и экспериментов по изучению использования термитной наплавки для исправления дефектов крупногабаритных отливок она может найти широкое применение на промышленных и ремонтных предприятиях республики. Этому будет способствовать то, что предложенный метод не требует дополнительной электроэнергии и отличается высокой производительностью. Сырьем для термитной наплавки могут служить отходы промышленного производства: железная окалина, алюминиевая стружка. В сельском хозяйстве термитная наплавка также может найти своё место в ремонтно-восстановительных работах.

Более тщательное изучение свойств термитной наплавки позволит определить ресурсосберегающие составы для различных дефектов и материалов. Легирование термитных зарядов даст возможность исключить негативные явления, вызываемые в процессе сварки чугуна.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Технология металлов и других конструкционных материалов. Под редакцией Г.А. Глазова, – Л.: «Машиностроение», 1972. – 520 с.
2. Технология горячей обработки металлов. В.Р. Калиновский [и др.] – Мн.: ИВЦ Минфина, 2008. – 325 с.
3. Исправление дефектов чугунных отливок. РТМ Н88-1-82. М: НИИ информации по машиностроению, 1983. – 69 с.
4. Баранов Л.Ф. Техническое обслуживание и ремонт машин: Учебное пособие. – Мн.: Ураджай, 2000. – 371 с.
5. Технология металлов и сварка. Под редакцией П.И. Полухина. – М.: Высшая школа, 1977. – 464 с.
6. Молодык Н.В., Зенкин А.С. Восстановление деталей машин. Справочник.- М.: Машиностроение, 1989. – 480 с.

#### Аннотация

##### **Изучение возможности исправления крупногабаритных массивных чугунных отливок термитной наплавкой**

В работе рассмотрены особенности метода термитной сварки. Показана возможность использования данного метода для наплавки при исправлении литейных дефектов в крупногабаритных чугунных отливках. Проведен анализ технико-экономической целесообразности применения метода термитной сварки при исправлении литейных дефектов чугунных тубингов и других отливок сельскохозяйственного назначения на Пуховичском опытно-экспериментальном заводе.

#### Abstract

##### **Explore the possibility of corrections of large solid cast iron castings termitnoy-faced**

This is article describes thermit welding. Use thermit welding for dissolve cast-iron. Re-count about practicability uses thermit welding for correction cast-iron defects in Puhovichi experiment factory. Main words: molding, thermit welding, thermit dissolve.