

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА ТРЕЩИН КРУПНОГАБАРИТНЫХ ЧУГУННЫХ ДЕТАЛЯХ ПРОБОЧНЫМИ ШВАМИ.

Серёжкин Михаил Александрович

студент 6 курса, очная форма

Российская Федерация, г. Москва, Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана, кафедра Технологии обработки материалов

Научный руководитель: Б.Ф.Якушин

доктор технических наук, профессор кафедры МТ13

1. Введение

При модернизации уникального карусельного станка на Подольском заводе им. Орджоникидзе с диаметром планшайбы 8000мм образовалась трещина в детали из серого чугуна. Она имеет массу более 20 т. и является суппорто-держателем карусельного станка. Эскиз суппорто-держателя и траектории трещины представлен на рис. 1.

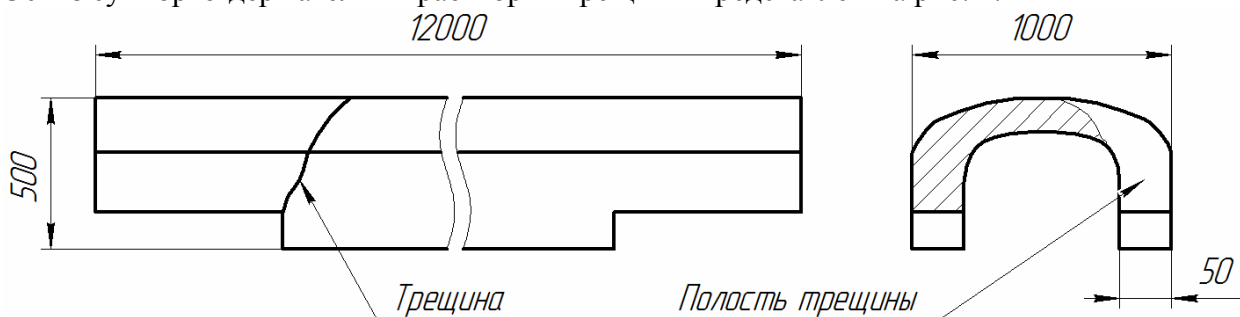


Рис.1. Общий вид суппортодержателя

При выборе способов ремонта рассмотрено несколько вариантов, в том числе механическое скрепление частей отливки, а также известные способы холодной и горячей сварки чугуна.

Способ механического скрепления частей отливки выполняется по технологии Metalock [3]. Сущность способа заключается во вставке никелевых «ключей» в специально изготовленные пазы треснувшей детали и их поочерёдной осадке. На рис. 2. представлен отремонтированный щит ограды Екатерининского дворца в Государственном музее-заповеднике «ЦАРСКОЕ СЕЛО». Но при этом не создаются усилия стягивающие части детали.



Рис.2. Отремонтированный щит ограды Екатерининского дворца

Ремонт традиционным способом сварки: разделка кромок, ввинчивание стальных шпилек и заваривание отверстий не целесообразен из-за больших габаритов и массы детали, протяженности трещины, а также из-за неизбежных угловых деформаций детали после сварки.

Известен также способ ремонта деталей из чугуна, имеющих протяженную вдоль направления наибольшего габарита трещину, распространяющуюся на часть детали. Он заключающийся в выполнении глухого отверстия, ось которого проходит вдоль полости трещины и электрошлаковой заварке этого отверстия [2]. Этот способ также не пригоден для ремонта суппорто-держателя, представляющего собой фасонную отливку, имеющую ограниченную толщину, разветвленное поперечное сечение и пространственное расположение трещин.

Цель разработки нового способа – повышение качества и снижения трудоёмкости ремонта крупногабаритных фасонных деталей, имеющих протяжённую трещину сложной траектории.

В настоящей работе предложен новый способ ремонта, заключающейся в заварке предварительно просверленных сквозных отверстий вдоль траектории трещины в стенке детали с определённым шагом. О возможности качественной электрошлаковой заварке вертикальных единичных отверстий ранее указывалось в работе [1].

2. Методика исследования

При разработке технологии исследовали возможность применения более манёвренного способа дуговой заварки, наряду с электрошлаковым способом. Кроме того производили выбор диаметра отверстий, их шага, химического состава электродов, покрытий и флюсов, температуры местного подогрева детали, исключающего отбел чугуна.

Для проведения экспериментов использовались образцы из СЧ-20, толщиной 50 мм, форма которых представлена на рис.5. Они позволили оценивать качество и прочность шва путём поочерёдного испытания на изгиб и разрушение каждого пробочного шва.

Для исключения перетекания расплавленного металла и шлака из завариваемого отверстия в соседнее. При достаточно большой ширине трещины в соседние, отверстия вставляли медные стержни, габариты которых соответствуют габаритам отверстия (см. рис. 4).

Сквозные отверстия выполняются диаметром D с шагом t в том числе на участках где трещина не распространяется на всю толщину стенки отливки. Это необходимо для обеспечения стартовых условий процесса сварки. Величину перемычки $h=t-D$ выбирают таким образом, чтобы обеспечить её полное переплавление при поочерёдной заварке двух соседних отверстий (см. рис. 3).

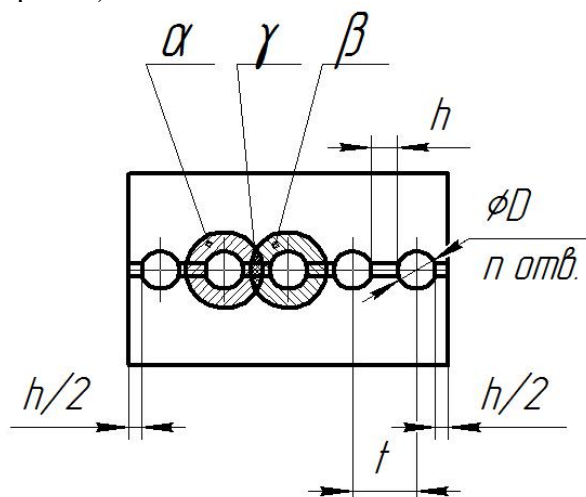


Рис.3. Схема подготовки дефектной детали к ремонтной заварке путём сверления отверстий вдоль траектории трещины и схема их заварки с перекрытием

α – зона частичного переплавления перемычки при заварке i -того отверстия;

β – зона частичного переплавления перемычки при заварке $i+1$ -го отверстия;

γ – зона двукратного полного переплавления перемычки.

Способ осуществляется следующим образом: образуют (просверливают) сквозные отверстия с определённым шагом и поочерёдно заваривают их дуговой или электрошлаковой сваркой на графитовой подкладке.

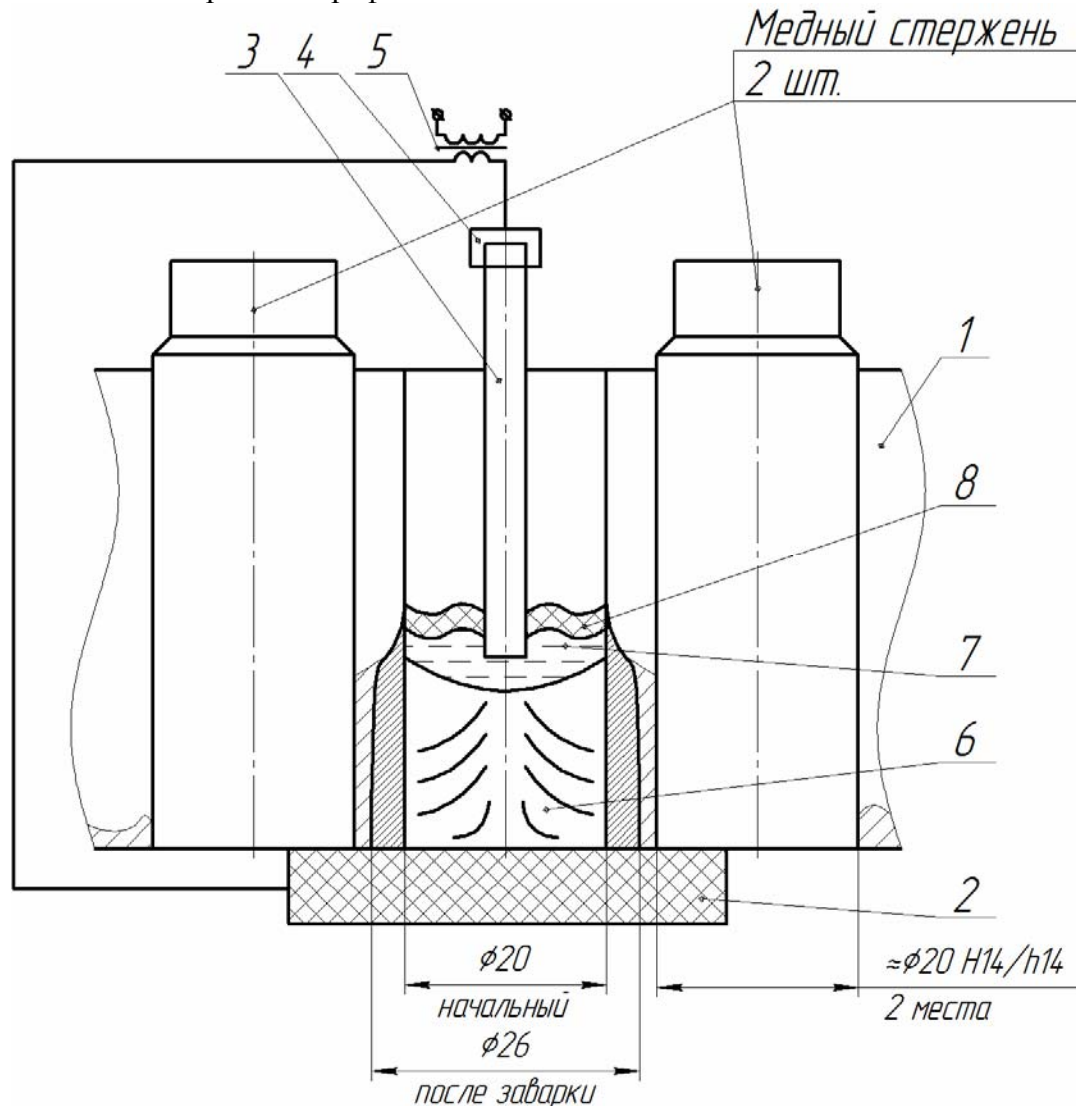


Рис.4. Схема заварки трещин пробочными швами.

Сущность электрошлаковой сварки заключается в том, что расплавление электрода происходит не от тепла электрической дуги, а от тепла шлака, покрывающего жидкий металл. Шлак разогревается вследствие прохождения электрического тока через жидкий электропроводный шлак от электрода к металлу свариваемой детали. Жидкий металл плавящегося электрода стекает в ванну, заполняя объём между краями свариваемой детали. Как правило, она выполняется при вертикальном положении шва. Шов «растёт» вверх, заполняя щель между краями свариваемой детали. Свариваемые края должны быть сближены до образования щели 18-20 мм для толщин 50-70 мм и 20-22мм – для толщин 70-100мм. Для старта такого процесса необходимо применить дуговой разряд под флюсом. Флюс расплавляется, и дуговой процесс переходит в электрошлаковый. Усадка

столба жидкого металла направлена преимущественно по высоте и предельно снижена последовательной кристаллизацией столба. Схема сварки представлена на рис. 4.

1. Отливка – чугун СЧ20;
2. Токоподвод – графит с лункой;
3. Электрод;
4. Токоподвод к электроду;
5. Трансформатор;
6. Сварной шов;
7. Сварочная ванна;
8. Слой жидкого шлака.

Электрошлаковая ванна 7 расплавляет электрод 3 и обеспечивает надёжное сплавление сварного шва 6 со стенками отверстия в отливке 1. Для зажигания дуги и предупреждения вытекания жидкого металла используют графитовый токоподвод 2.

3. Экспериментальная часть

В МГТУ им. Н.Э.Баумана, разработан новый способ ремонта трещин в крупногабаритных деталях из серого чугуна ручной дуговой сваркой и электрошлаковой сваркой. Необходимо было выбрать материал электрода, режимы сварочного процесса, электродное покрытие, температуру подогрева, диаметр пробочных швов, исключающие отбел чугуна. В качестве образца взяты пластины, свариваемые встык единичным пробочным швом. Для этого по периметру пластин изготавливали ряд цилиндрических пазов. Для проведения опыта пластины стыковали свободными пазами, в результате чего получалось сквозное цилиндрическое отверстие с щелью до 2х мм. Щель имитировала трещину. Схема сборки образцов под сварку представлена на рис.5.

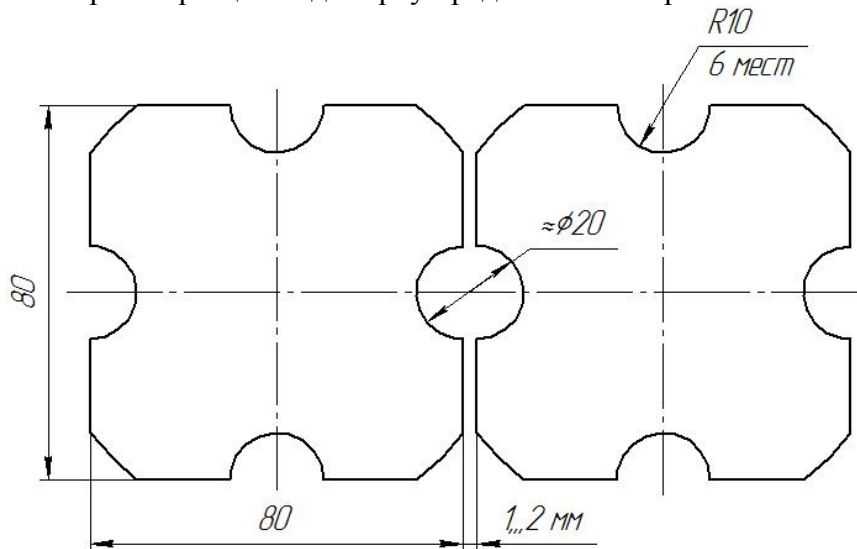


Рис.5. Схема сборки образцов под сварку

Четыре отверстия изготавливались с целью проведения ряда испытаний на одной паре образце.

4. Результаты экспериментального исследования

Установлено, что при сварке электродами со стандартным покрытием основного типа создаётся тугоплавкий шлак, прилипающий на стенки отливки и препятствующий сплавлению по части периметра. Применением медных, никелевых и стальных электродов с ионизирующим покрытием достигнуты более качественные соединения. Ориентировочный режим заварки отверстия $D = 20 \text{ мм}$, электродом с диаметром $d = 5 \text{ мм}$ выглядит следующим образом: сила тока $I_{св} = 240 - 320 \text{ А}$, напряжение $V = 40 - 45 \text{ В}$, время сварки $t_{св} = 4 \text{ мин}$, температура местного подогрева 400°C .

После заварки одного отверстия производилось разрушение сварного соединения, и оценка прочности и сплошности сварного шва. Испытания на прочность проводились по схеме трёхточечного изгиба. Расстояние между опорами составляло 150 мм, высота образца 50 мм, а ширина шва примерно 20 мм.

Схема испытаний представлена на рис. 6.

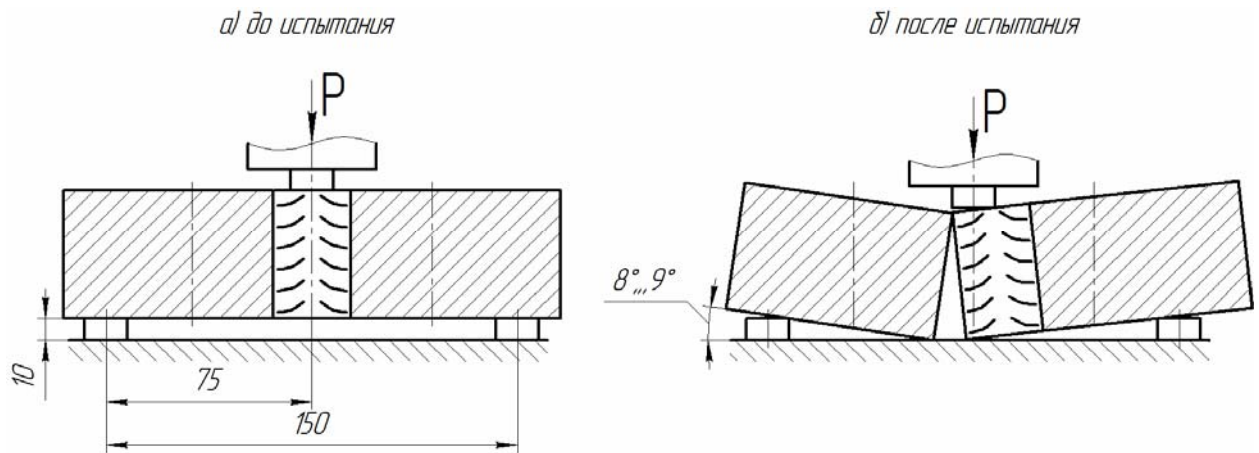


Рис.6. Схема испытания сваренных образцов

Разрушение сварного образца проводилось на гидравлическом прессе мод. П50 1162.

Независимо от состава электрода излом происходил по линии сплавления, с частичным разрушением по чугуноу при силе $P=2\text{т}$.

Расчёт $\sigma_{изг} \cdot \sigma_{изг} = \frac{M}{W} = \frac{\left(\frac{P \cdot l}{4}\right)}{\left(\frac{b \cdot h^2}{6}\right)}$. В нашем случае $P=20000\text{Н}$, $l=150\text{мм}$, $b=26\text{мм}$,

$h=50\text{мм}$. Т.о. $\sigma_{изг} = 69\text{МПа}$.

После разрушения вырезалось место сплавления пробки с основным металлом, и изготавливался макрошлиф. На приборе измерения твёрдости были проведены измерения твёрдости, по схеме представленной на рис.7.

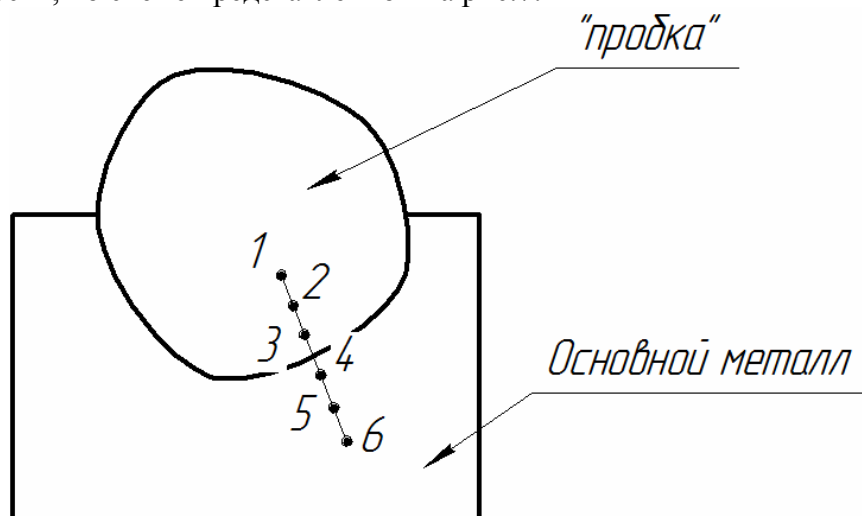


Рис.7. Измерение твёрдости образца

Твёрдость в указанных точках для электрода из монель-металла (основа Ni+20%Cu) составила:

1. – 255 Hv
2. – 250 Hv

3. – 218 Нv
4. – 220 Нv
5. – 180 Нv
6. – 165 Нv

Исходя из характера разрушения и твёрдости, следует, что при заварке единичного отверстия пробочным швом их монель-металла отбела чугуна не происходило.

Для анализа причин, исключающих отбел, проведём расчётный анализ параметров сварочного цикла. При этом применяли схему точечного длительно действующего источника на поверхности пластины с адиабатной границей по нижней поверхности, что обеспечивалось графитовой плитой.

Режимы заварки: отверстие $D = 20 \text{ мм}$; глубина 50 мм ; электрод диаметром $d = 5 \text{ мм}$; сила тока $I_{св} = 240 - 320 \text{ А}$; напряжение $V = 40 - 45 \text{ В}$. Приняв коэффициент наплавки, $K_n = 10..12 \frac{\text{г}}{\text{А} \cdot \text{час}}$ определили время выполнения одного пробочного шва:

$$t = \frac{G}{K_n \cdot I_{св}} = \frac{122,5}{11 \cdot 240} = 0,046 \text{ часа} \approx 3 \text{ мин.}$$

Тепловую мощность дуги определяли по формуле:

$q_n = \eta_u \cdot I \cdot U$, где $\eta_u = 0,9$ для электрошлаковой и дуговой наплавки, тогда $q_n = 0,9 \cdot 300 \cdot 40 = 10800 \text{ Дж / сек}$.

При этом скорость охлаждения при температуре подогрева $T = 400^\circ \text{C}$ в интервале $500-400^\circ \text{C}$:

$$\omega_{500-400} = \frac{\partial T}{\partial t} = \partial \left[T_H + \left(\frac{\frac{Q}{\delta}}{c \cdot \rho \cdot \sqrt{(4 \cdot \pi \cdot a \cdot t)}} \right) \left[\left(\frac{-r^2}{4 \cdot a \cdot t} \right)^{-b \cdot t} \right] \right] / \partial t \approx 11^\circ \text{C / час}$$

5. Выводы и рекомендации.

Данный способ является перспективным для ремонта отливок имеющих сложную в плане трещину большой глубины и протяженности, когда выполнять разделку кромок трудоёмко или не целесообразно. И применим как при электрошлаковой, та и при ручной дуговой сварке.

Преимущества способа:

1. Отсутствие угловых деформаций вследствие неизменности шва по ширине;
2. Малая усадочная деформация в поперечном сечении и при последовательном заполнении отверстия по высоте;
3. Извилистая, развитая линия сплавления;
4. Нет охрупчивания и отбела в результате подогрева и длительного выделения тепла в одной точке, а также в результате графитизирующего действия Ni-Cu электрода.

Недостатки:

1. Необходимость значительного местного подогрева.

6. Список литературы.

1. Электрошлаковая сварка и наплавка. Под ред. Патона Б.Е. М., Машиностроение 1980г. стр. 82, рис. 5.26.
2. Авторское свидетельство SU 119813 А. В23К25/00. В23Р6/04. Способ ремонта отливки. Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий.
3. Сайт <http://www.metallor.ru/metallor.htm>