# ВОЗМОЖНОСТЬ ЗАМЕНЫ СПОСОБА СВАРКИ ПРИ ЗАВАРКЕ ДЕФЕКТОВ НА ОТЛИВКАХ ГРЕБНЫХ ВИНТОВ ИЗ АЛЮМИНИЕВО-ЖЕЛЕЗО-НИКЕЛЕВЫХ БРОНЗ

POSSIBILITY OF REPLACING THE WELDING METHOD WHEN WELDING DEFECTS ON CASTING PROPELLERS FROM ALUMINUM-IRON-NICKEL BRONZE

**УДК 629.12**

**Коновалов Георгий Сергеевич,** студент, профиль «Оборудование и технология сварочного производства», САФУ, Институт судостроения и морской арктической техники

**Емченко Светлана Владимировна,** ст. преподаватель кафедры «Технология металлов и машиностроения», САФУ, Институт судостроения и морской арктической техники

**Сомпольцева Анна Александровна,** ст. преподаватель кафедры «Кораблестроение», САФУ, Институт судостроения и морской арктической техники

**Konovalov G.S.**

**Emchenko S.V.**

**Sompoltseva A.A.**

**Аннотация**. В работе рассматривается возможность замены аргонодуговой сварки вольфрамовым электродом на полуавтоматическую сварку в импульсном режиме для заварки дефектов на отливках гребных винтов из алюминиево-железо-никелевых бронз. Проанализирована сущность проблемы и актуальность ее решения. Выявлены дефекты литья и трудности при

сварке данного материала. Рассмотрены недостатки аргонодуговой сварки неплавящимся электродом и возможность ее замены. Показаны преимущества полуавтоматической сварки в среде аргона в импульсном режиме.

**Annotation:** In the work considers the possibility of replacing tungsten inert gas welding on metal inert gas welding in pulse mode for welding defects on castings made of aluminum-iron-nickel bronzes. The essence of the problem and the relevance of its solution are analyzed. Casting defects and difficulties in welding this material were revealed. The disadvantages of argon arc welding with a non-melting electrode and the possibility of its replacement are considered. The advantages of semi-automatic welding in the argon medium in the pulsed mode are shown.

**Ключевые слова**: алюминиево-железо-никелевая бронза, аргонодуговая сварка неплавящимся электродом, гребные винты, полуавтоматическая сварка в инертном газе, импульсный режим.

**Keywords:** aluminum-iron-nickel bronze, tungsten inert gas, propellers, metal inert gas welding, pulse mode.

Нередкими являются серьёзные повреждения гребных винтов, обусловленные наличием дефектов литья. Наибольшую опасность представляют дефекты, расположенные вблизи нагнетательной поверхности, особенно в корневых сечениях лопасти.

Иногда дефекты литья занимают большие площади. Зачастую они не выходят на поверхность, и их обнаруживают уже после появления трещин. К дефектам литья, обусловливающим образование трещин, выходящих на поверхность гребного винта в процессе его эксплуатации, относятся: газовые пузыри, земляные и шлаковые включения, плены, газовая пористость, раковины.

Разрушению лопастей по корневому сечению из-за наличия крупных дефектов литья, расположенных под нагнетательной поверхностью, обычно предшествуют трещины, зародившиеся на границе внутренней дефектной зоны, со стороны нагнетательной поверхности.

Крупные дефекты литья представляют опасность, если они расположены даже на значительном расстоянии от нагнетательной поверхности. В то же время дефекты литья, выходящие на нагнетательную поверхность, могут и при малых размерах оказаться опасными, если они расположены в местах действия значительных напряжений.

Заварка не полностью удалённых дефектов, обнаруженных в процессе изготовления гребных винтов, также способствует ускоренному развитию трещин. Поэтому, если нет уверенности в том, что пороки литья будут полностью удалены до «здорового» металла, целесообразность такого ремонта весьма сомнительна. Сварка пористого металла приводит к получению наплавленного металла, механические свойства которого несоизмеримо хуже механических свойств основного и присадочного материалов.

Сварка алюминиево-железо-никелевых бронз сопряжена с трудностями, обусловленными образованием тугоплавкой плёнки $Al_2O_3$ (температура плавления этого окисла равна 2050 ˚С) которая, образуясь на поверхности сварочной ванны, препятствует сплавлению, а также может засорять металл шва и резко снижать прочность сварного соединения.

Также осложнение при сварке бронзы связано с интенсивным окислением и засорением сварочной ванны закисью меди ($Cu_2O$). Закись меди в смеси с медью (эвтектика $Cu_2O+Cu$) залегает между зёрнами основного металла, образуя хрупкие прослойки, по которым и происходит разрушение.

Процесс сварки может быть осложнён и тем, что расплавленная бронза хорошо растворяет газы. К тому же бронзы с низким содержанием марганца в большинстве своём характеризуются потерей пластичности в интервале высоких температур, а это, в свою очередь, вызывает образование горячих трещин, особенно при сварке в жёстком контуре. Кроме того, вследствие высокой теплопроводности и жидкотекучести алюминиевых бронз сварочная ванна должна быть больших размеров.

Метод аргонодуговой сварки вольфрамовым электродом, находящий широкое применение на производстве для исправления дефектов гребных

винтов, малопроизводителен и характеризуется большим перегревом металла шва.

При аргонодуговой сварке вольфрамовым электродом существуют также сложности в самой технике исполнения метода, что очень затрудняет выполнение качественного сварного соединения даже при соблюдении всех режимов сварки.

Приведём несколько примеров. Во-первых, существует реальная возможность загрязнения металла шва включениями вольфрама, так как сварщик возбуждает дугу на самом соединении, а не на бруске. Во-вторых, быстрые поперечные перемещения горелки и сильное её отклонение от нормали к поверхности (чего не всегда удаётся избежать) способствует подсосу воздуха. Меньший расход ухудшает качество защиты, больший – приводит к чрезмерной скорости охлаждения и образованию блуждающей дуги.

Поэтому высококачественную сварку можно обеспечить тем методом, который характеризуется высокой концентрацией тепла, способностью эффективно разрушать оксидную плёнку, а также высокой надёжностью защиты сварочной ванны в процессе сварки. Полуавтоматическая сварка в среде аргона в импульсном режиме полностью удовлетворяет этим требованиям.

Импульсная полуавтоматическая сварка – это неконтактный способ переноса металла из присадочной проволоки в сварочный шов. В результате исключается прямой контакт проволоки со сварочной ванной. В рабочем цикле происходит кратковременное изменение величины высокочастотного тока в момент импульса. Благодаря этому снижается тепловложение и образование брызг.

При каждом импульсе на кончике проволоки создается капля расплавленного металла, затем происходит отрыв капли металла, и она вталкивается в сварочную ванну. Капля перемещается в ванну через сварочную дугу. На каждый пульс по одной капле.

При сварке в импульсном режиме величина тока снижается, когда не нужна дополнительная энергия, что позволяет остыть заготовке. Период

остывания позволяет использовать импульсный процесс для сварки тонкостенных и тонколистовых материалов.

Полуавтоматическая сварка в импульсном режиме обладает следующими преимуществами:

- Сниженное образование дыма и разбрызгивание металла. При этом в сварочный шов попадает только наплавленный металл, что позволяет снизить расходы материалов и увеличить эффективность сварки. В результате снижается время на доработку шва, а рабочая зона остается чистой, без дыма.

- Экономия присадочного материала. При импульсной сварке достигается оптимальная скорость подачи присадочной проволоки определенного сечения.

- Сниженное тепловложение. За счет контролируемого тепловложения исключается деформация свариваемого металла, его прожиг, улучшается внешний вид и качество сварочного соединения. Данная особенность важна при сварке металлов и сплавов, которые чувствительны к тепловложению.

- Качественный сварочный шов. Благодаря контролируемому тепловложению, высокой стабильности сварочного цикла, сниженному разбрызгиванию металла, достигается качественный шов с плотным формированием и правильным охватом корня шва.

- Высокая производительность. При импульсной полуавтоматической сварке достигается быстрый процесс наплавки и сварки металлов.

**Список литературы**

1. Богораз И. И., Кауфман И. М. Производство гребных винтов. Л., «Судостроение», 1978. – 193 с.
2. Киперник Е. Г. Ремонт судовых гребных винтов. М., «Транспорт», 1980. – 176 с.
3. Соколов Н. Н., Лазаренко С. П., Журавлёв В. И. Гребные винты из алюминиевой бронзы. Л., «Судостроение», 1971. – 288 с.
4. Импульсно-дуговая сварка: суть, виды, сфера применения, алгоритм, достоинства и недостатки метода [Электронный ресурс]. URL: https://elsvarkin.ru/texnologiya/impulsno-dugovaya

5. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом с программным регулированием процесса [Электронный ресурс]. URL: https://met-lit.ru/raboty-s-metallami/impulsno-dugovaya-svarka.html
6. Импульсно-дуговая сварка в защитных газах [Электронный ресурс]. URL: https://www.autowelding.ru/publ/1/1/impulsno_dugovaja_svarka/3-1-0-362

**Bibliography**

1. Bogoraz I.I., Kaufman I.M.Production of propellers. L., "Shipbuilding", 1978. - 193 p.
2. Kipernik E.G. Repair of ship propellers. M., "Transport", 1980. - 176 p.
3. Sokolov N.N., Lazarenko S.P., Zhuravlev V.I. Aluminum bronze propellers. L., "Shipbuilding", 1971. - 288 p.
4. Pulse-arc welding: essence, types, scope, algorithm, advantages and disadvantages of the method [Electronic resource]. URL: https://elsvarkin.ru/texnologiya/impulsno-dugovaya
5. Pulse-arc consumable electrode welding with programmed process control [Electronic resource]. URL: https://met-lit.ru/raboty-s-metallami/impulsno-dugovaya-svarka.html
6. Pulse-arc welding in protective gases [Electronic resource]. URL: https://www.autowelding.ru/publ/1/1/impulsno_dugovaja_svarka/3-1-0-362