

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАЙКИ ЧУГУНА

Макаренко Н. А., Дьяков И. Е., Коваленко А. В., Герман В. Д.

Разработана и исследована технология подготовки чугуновых изделий под процесс пайки, позволяющая снизить время пайки, расход флюса и припоя, уменьшить энергозатраты и увеличить прочность паяного соединения, а также повысить его герметичность за счет эффективного удаления графита с поверхности, подлежащей пайке. Создана установка, состоящая из источника питания и аргонодуговой горелки естественного воздушного охлаждения на ток в 160 А, отличительной особенностью которой является замена вольфрамового стержня на медный пруток, заточенный в конце на конус с углом у вершины, равным 20–30°. Промышленные испытания, проведенные в Украине, показали высокие технико-экономические показатели разработанных технологии и оборудования для обработки чугунов пайкой тлеющим разрядом в среде кислорода.

Розроблена і досліджена технологія підготовки чавунних виробів під процес пайки, що дозволяє знизити час пайки, витрати флюсу і припою, зменшити енергозатрати і збільшити міцність паяного з'єднання, а також підвищити його герметичність за рахунок ефективного видалення графіту з поверхні, яка підлягає паянню. Створена установка, що складається з джерела живлення і аргонодугового пальника природного повітряного охолодження на струм в 160 А, відмітною особливістю якої є заміна вольфрамового стержня на мідний пруток, заточений в кінці на конус з кутом у вершини, рівним 20–30°. Промислові випробування, що проведені в Україні, показали високі техніко-економічні показники розроблених технології та обладнання для обробки чавунів пайкою тліючим розрядом в середовищі кисню.

Developed and investigated technology to prepare iron products for the soldering process, which allows to reduce the soldering, solder and flux consumption, reduce energy and increase the strength of the solder joint, as well as enhance its integrity due to the effective removal of graphite with the surface to be soldered. Created device consisting of a power source and TIG torch natural air cooling current of 160 A distinctive feature of which is the replacement of the tungsten rod for copper rod, sharpened at the end on the cone angle at the vertex equal to 20–30°. Industrial tests carried out in Ukraine, showed high technical and economic indicators of the developed technology and equipment for cast iron soldering glow discharge in oxygen.

Макаренко Н. А.

Дьяков И. Е.

Коваленко А. В.

Герман В. Д.

д-р техн. наук, проф. каф. ОиТСП ДГМА  
[sp@dgma.donetsk.ua](mailto:sp@dgma.donetsk.ua)

студент ДГМА;

инженер КППТ

студент КППТ

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск;  
КППТ – Кореновский политехнический техникум, г. Кореновск, Краснодарский край,  
Российская Федерация.

УДК 621.791.927.5

Макаренко Н. А., Дьяков И. Е., Коваленко А. В., Герман В. Д.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАЙКИ ЧУГУНА

При ремонте ряда чугунных изделий часто применяется пайка, которая (в отличие от сварки) не создает остаточных напряжений в металле, не сопровождается интенсивным нагревом, приводящим к деформациям высокоточных деталей, а обеспечивает высокую стойкость к образованию трещин в зоне термического влияния.

В то же время, основная масса корпусных деталей изготавливается из серых чугунов (СЧ) и высокопрочных чугунов с шаровидным графитом (ВЧШГ).

Данные чугуны имеют в своей структуре свободный графит, который не смачивается припоем, что затрудняет процесс лужения, делая его более трудоемким и длительным. Кроме того, вследствие низкой прочности графита снижается прочность паяного соединения. В связи с этим задача повышения качества паяного соединения и снижения затрат на пайку является актуальной.

Цель работы – разработка технологического метода подготовки поверхности чугуна под процесс пайки, обеспечивающего удаление свободного графита, повышение качества пайки чугунных изделий и снижение затрат на нее.

В настоящее время для удаления структурного свободного графита применяются два основных метода: механический и химический. Оба этих метода не обеспечивают полное удаление графита из-за малых размеров его частиц [1–6].

Механический способ: структурно-свободный графит удаляется пескоструйной обработкой, либо металлическими щетками.

Химический способ [3]: более эффективен, но гораздо более трудоемок, требующий значительных затрат и более длительного нагрева всей детали (либо места, подлежащего пайке).

Обычно при химическом удалении графита деталь нагревают до достаточно высокой температуры (более 700°C) с последующей обработкой составом, содержащим калийную селитру, окисляющую графит. После удаления графита остатки состава ликвидируют. Таким образом, затраты на пайку достаточно высокие, кроме того нагрев (даже местный) до температуры 700°C приводит к деформации детали и изменению структуры металла.

Разработан технологический процесс подготовки деталей под пайку с применением тлеющего разряда в кислороде, при котором происходит распад молекулы кислорода с образованием атомарного активного кислорода:



Кроме того, образуется активный окислитель – озон:



В зоне разряда образуется плазма, имеющая высокую температуру, что обеспечивает интенсивное окисление графита:



Следует отметить, что мощность тлеющего разряда невелика, что позволило создать однофазную легкую установку для обработки поверхности чугуна, имеющую незначительную массу, вследствие чего ее легко транспортировать к месту проведения работ, что особенно важно при пайке крупногабаритных корпусных деталей.

Установка состоит из источника питания и аргодуговой горелки естественного воздушного охлаждения, рассчитанной, на ток 160 А. В горелке вместо вольфрамового стержня установлен медный пруток (диаметром 2–3 мм), конец которого заточен на конус с углом у вершины, равным 20–30° (рис. 1).

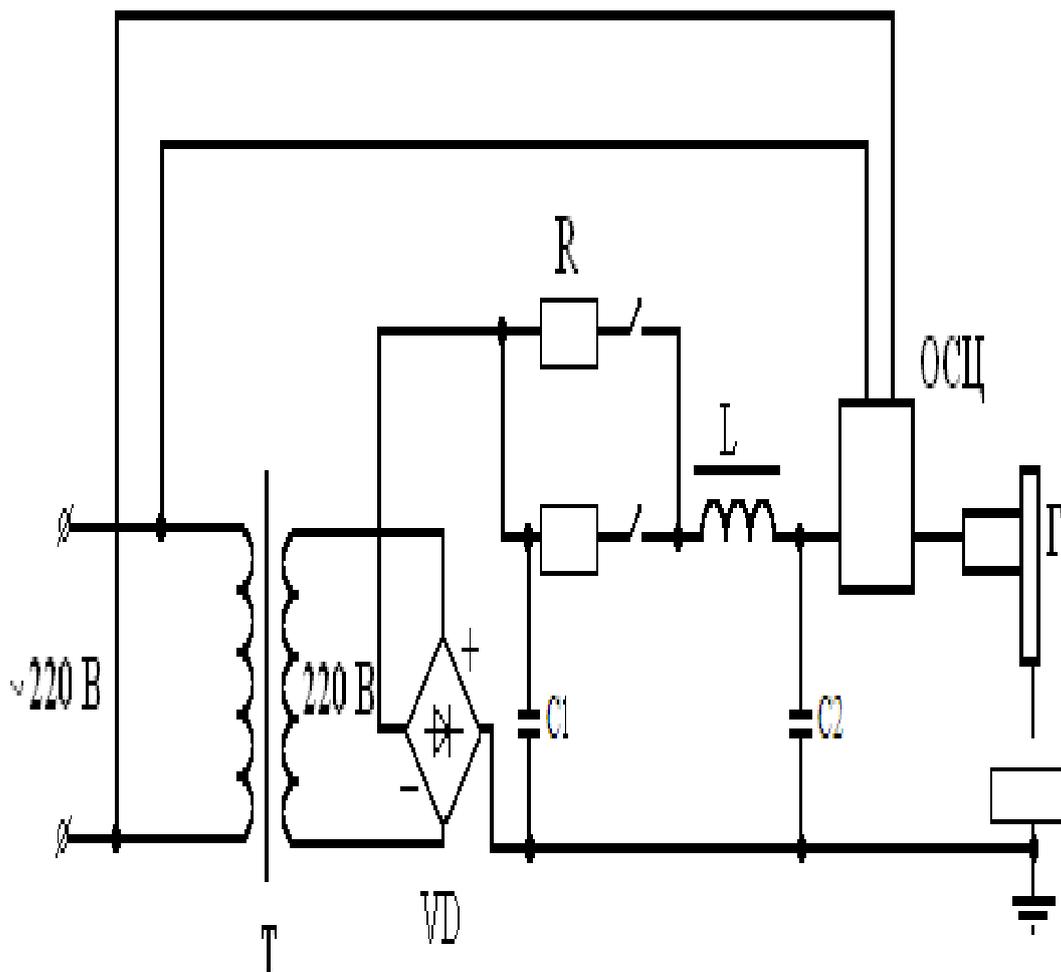


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема разработанной установки:

T – разделительный трансформатор (630 Вт); VD – диодный мостовой выпрямитель; C1 – конденсатор фильтра; R – резисторы регулятора тока разряда; L – дроссель; C2 – конденсатор МБГЧ 4,0 мкФ (600 В); ОСЦ – осциллятор; Г – горелка

Проведенные исследования показали, что стабильный тлеющий разряд, возможно, получить при напряжении холостого хода источника питания, превышающего 750 В. Однако такое напряжение представляет значительную опасность, в связи с чем напряжение было снижено до 310 В, а для стабилизации электрического разряда в цепь был включен искровой осциллятор. Следует отметить, что и в этом случае рабочим необходимо применять особые меры безопасности: работать в диэлектрических перчатках, стоя на резиновом коврике. Кроме того, горелка должна иметь надежную изоляцию и не иметь водяного охлаждения.

Пуск установки осуществляется кнопкой на горелке.

Рабочий ток с помощью резисторов R регулируется в пределах значений 0,12–0,75 А. Расход кислорода, подаваемого в горелку, находится в пределах 0,8–1,2 л/мин.

Обработку поверхности деталей проводят, перемещая горелку равномерно по всей плоскости, подлежащей пайке.

Исследования показывают, что при данной обработке на поверхности происходит окисление металла:



Известно, что при пайке чугуна применяются флюсы, содержащие галогениды (при низкотемпературной пайке) [2] и буру (при высокотемпературной пайке) [3], то есть соединения, легко растворяющие оксиды железа.

Проведенные испытания показали целесообразность применения обработки тлеющим разрядом чугуна (как при пайке низкотемпературными припоями ПОС60 – сплав Ц, так и при пайке высокотемпературными припоями), при этом достигается высокая герметичность соединения. При пайке высокотемпературными припоями обеспечивается и повышение прочности паяного соединения (табл. 1).

Таблица 1

Исследование прочности на разрыв паяного соединения из серого чугуна с использованием припоя Л62 и плавленной буры (использующейся в качестве флюса)

№	Способ подготовки	Прочность, кг/мм <sup>2</sup>
1	Пескоструйная обработка	18–22
2	Химическая обработка	17–23
3	Обработка тлеющим разрядом в среде кислорода	20–26

Обработка тлеющим разрядом была испытана на сахарном заводе № 1 им. Петровского (пгт. Белый колодец Харьковской обл.) при заделке трещин в корпусе вакуум – машины.

Размороженный корпус из серого чугуна (толщиной приблизительно 30 мм) имел сетку трещин общей длиной более 3 000 мм.

Начало и окончание трещин предварительно засверливались с последующей разделкой трещины на глубину 70 % от толщины металла (при угле раскрытия, равном 90°).

Обработка тлеющим разрядом производилась на токе 0,67 А.

Лужение осуществлялось припоем ПОС60 с использованием флюса, содержащего хлористый цинк, хлористый аммоний и плавиковую кислоту.

Нагрев производился пропано-кислородной горелкой ГЗУ-2.

Заполнение разделки осуществлялось свинцом.

После пайки свинец проковывался слесарным молотком.

Впервые апробация разработанной технологии и оборудования для обработки чугунных изделий перед непосредственным процессом пайки, тлеющим разрядом успешно прошла в 1998 г.

Усовершенствованная вакуум – машина и технология подготовки чугунных изделий применяется на предприятиях Украины и в настоящее время, показывая высокие технико-экономические показатели процесса.

## ВЫВОДЫ

1. Доказано, что разработанная технология и оборудование для обработки чугуна перед пайкой тлеющим разрядом в среде кислорода по сравнению с известными, позволяют снизить время пайки, расход флюса и припоя, уменьшить энергозатраты и увеличить прочность паяного соединения, а также повысить его герметичность за счет эффективного удаления графита с поверхности, подлежащей пайке.
2. Промышленные испытания показали, что обработка чугуна тлеющим разрядом в среде кислорода позволяет существенно снизить затраты на подготовку к пайке.
3. Установлено, что при выполнении работ по обработке чугуна тлеющим разрядом необходимо обеспечить повышенные требования электробезопасности.
4. Исследования показали, что паяные соединения чугуна, предварительно обработанного тлеющим разрядом в среде кислорода, обладают более высокой прочностью и герметичностью, чем аналогичные, выполненные с применением механической и химической обработки металла перед пайкой.
5. Доказано, что применение обработки тлеющим разрядом в среде кислорода позволяет значительно снизить затраты на пайку чугуна.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Власов А. Ф. *Технология и оборудование для наплавки. Учебное пособие с грифом МОН. Ч. 1* / А. Ф. Власов, В. Д. Кузнецов, Н. А. Макаренко, А. А. Богуцкий. – Краматорск : ДГМА, 2012. – 236 с. – ISBN 978-966-379-544-7.
2. Власов А. Ф. *Технология и оборудование для наплавки. Учебное пособие с грифом МОН. Ч.2* // А. Ф. Власов, В. Д. Кузнецов, Н. А. Макаренко, А. А. Богуцкий. – Краматорск : ДГМА, 2013. – 306 с. – ISBN 978-966-379-543-0.
3. Иванов Б. Г. *Сварка и резка чугуна* / Б. Г. Иванов, Ю. И. Журавицкий, В. И. Левченко – М. : Машиностроения, 2007. – 208 с.
4. Петрунин И. Е. *Справочник по пайке (3-е издание)* / И. Е. Петрунин. – М. : Машиностроения, 2003 – 480 с.
5. Петрунин И. Е. *Физико-химические процессы при пайке* / И. Е. Петрунин. – М. : Высшая школа, 2012 – 204 с.
6. Корж А. А. *Нанесення покриттів* / А. А. Корж, В. Д. Кузнецов. – Київ : Вид-во «КПП», 2012. – 326 с.
7. *Теоретические основы сварки* / под. ред. В. В. Фролова. – М. : Высш. школа, 2011. – 592 с.
8. Ерохин А. А. *Кинетика металлургических процессов дуговой сварки* / А. А. Ерохин. – М. : Машиностроение, 2010. – 256 с.
9. Походня И. К. *Газы в сварных швах* / И. К. Походня – М. : Машиностроение, 2012. – 256 с.
10. Тылкин М. А. *Справочник термиста ремонтной службы* / М. А. Тылкин. – М. : Металлургия, 2011. – 548 с.
11. Фридман Я. Б. *Механические свойства металлов* / Я. Б. Фридман. – М. : Машиностроение, 2009. Ч. 1. – 472 с.
12. Хренов К. К. *Сварка, резка и пайка металлов* / К. К. Хренов. – М. : Машиностроение. – 2010. – 407 с.
13. Ludwig H. C. *Plasma energy transfer in gas-shielded welding arcs* / H. C. Ludwig // *Welding Journal*. – 2009. – N 7. – P. 296 – 300.
14. Gage R. M. *The plasma-arc torch: A new research tool* / R. M. Gage // *Electric manufacture* – 2012. – N 1. – P. 144–146.
15. Ashauer R. C. *Automatic plasma arc welding of square butt pipe joints* / R. C. Ashauer, S. Goodman // *Welding Journal*. – 2007. – N 5. – P. 405–415.