

УДК 621.791

Жартовский А. В., Худотеплов М. К.

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СВАРНЫХ ЗАГОТОВОК МЕДНЫХ ГИЛЬЗ КРИСТАЛЛИЗАТОРОВ

Основным рабочим органом в установках непрерывной разливки стали является кристаллизатор [1]. В кристаллизаторе формируется слиток. От качества кристаллизатора зависит надежность работы всего агрегата. Срок службы кристаллизаторов значительно меньше срока службы других деталей. Разработаны различные конструкции кристаллизаторов. Среди конструкций известны как цельнометаллические, так и сборные. В практике наиболее распространены гильзовые кристаллизаторы [2, 3]. Одна из конструкций кристаллизатора содержит внешний стальной корпус и медную водоохлаждаемую гильзу. Медная гильза может быть изготовлена с применением различных технологических процессов, однако наиболее экономичным является сварной вариант. Из листовой меди вальцуют заготовки необходимых размеров и сваривают электродуговой под слоем флюса или шлаковой сваркой.

В условиях экономического и энергетического кризиса среди известных способов изготовления медной гильзы кристаллизатора наиболее экономичным является сварной вариант. Сварочная операция обеспечивает эффективное использование дорогостоящей меди и качество изготовления изделия.

Целью работы является совершенствование малоотходной технологии изготовления кристаллизатора путем дальнейшего усовершенствования технологии изготовления медной гильзы.

В процессе работы были решены задачи по разработке технологии однопроходной электродуговой сварки медной гильзы кристаллизатора толщиной до 60 мм из меди М1р.

Эффективным и качественным способом является однопроходная автоматическая сварка под флюсом. Такой процесс был разработан для хромистой бронзы толщиной до 50 мм. Учитывая, что теплофизические свойства меди М1р отличаются от аналогичных свойств хромистой бронзы, этот процесс не может быть непосредственно использован для изготовления медной гильзы. В ИЭС им Патона разработан электрошлаковый способ сварки меди. Однако использование этого способа связано с определенными трудностями в получении качественного сварного соединения [4].

При электрошлаковой сварке меди в металле околошовной зоны скапливается водород, который содействует образованию трещин. Это ограничивает возможности этого способа сварки меди.

Технология сварки меди существенно отличается от технологии сварки стали из-за присущей этому металлу физико-химическим свойствам. К таким свойствам принадлежит высокая тепло- и температуропроводимость, большой коэффициент термического расширения, высокая чувствительность к водороду, склонность к охрупчиванию.

При обычных температурах медь не активная. При повышенных температурах хорошо реагирует с кислородом, серой, фосфором, галогенами. Водород сильно влияет на качество сварных соединений из меди и ее сплавов. Растворение водорода в жидком металле приводит к «водородной болезни», которая сопровождается образованием пор и трещин.

Поэтому для сварки меди необходима повышенная погонная энергии и интенсивная защита сварочной ванны от действия атмосферных газов. Высокая теплопроводность металла обуславливает высокие требования относительно равномерности введения соответствующего количества тепла в обе свариваемые кромки. Получение качественного сварного соединения может быть достигнуто за счет точного и стабильного расположения источника нагревания относительно свариваемых кромок.

Температура плавления меди составляет 1083 °С. При нагревании до 600–800 °С резко снижается ее пластичность и прочность, при легких ударах могут образовываться трещины.

Медь может содержать в виде примесей свинец, мышьяк, сурьму, висмут, которые могут повлиять на ухудшение качества сварного соединения.

В расплавленном состоянии медь становится очень жидкотекучей. Соединяясь с кислородом воздуха в расплавленном виде, медь образует окислы меди (Cu_2O), а также поглощает водород, который при остывании соединяется с кислородом и способствует образованию мелких трещин («водородная болезнь» меди).

Особенностью сварки меди и ее сплавов является склонность швов к образованию горячих трещин. Кислород, сурьма, висмут, сера и свинец образуют с медью легкоплавкие эвтектики, которые скапливаются по границам кристаллитов. Это требует ограничения содержания примесей в меди [5].

Таблица 1

Ограничение содержания примесей в меди

O_2	Bi	Sb	Pb
до 0,03 %	до 0,003 %	0,005 %	0,03 %

Таблица 2

Ограничение содержания примесей в меди для ответственных конструкций

O_2	S	Bi	Pb
менее 0,003 %	менее 0,1 %	менее 0,0005%	менее 0,004 %

Для раскисления меди применяют алюминий, фосфор, кремний, титан и другие вещества, которые активно реагируют с кислородом. Большая теплопроводность меди вызывает быстрое остывание сварочной ванны. Жидкотекучесть ограничивает возможности сварки меди. Сварка возможна только в нижнем положении, также необходимо использовать подкладки из графита, флюса, асбеста и других материалов. Перед сваркой меди необходимо очистить кромки не менее 20 мм от краев от грязи, оксидной пленки, масла с помощью щеток и растворителя.

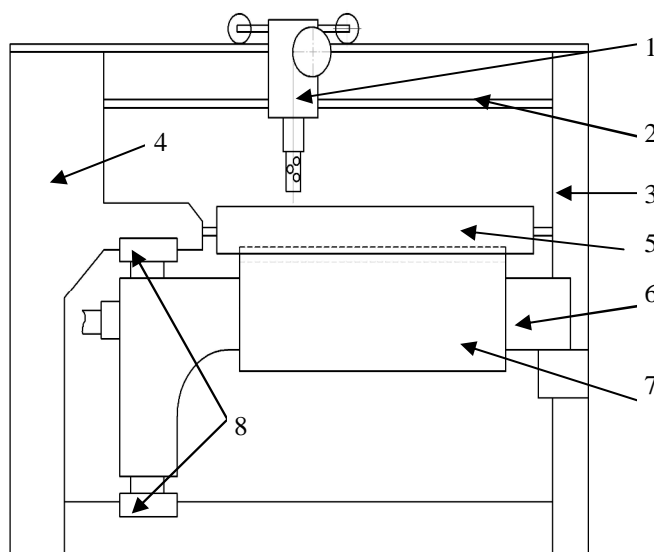


Рис. 1. Сварочная установка:

1 – сварочная головка; 2 – направляющая; 3, 4 – колонны; 5 – токоподвод; 6 – флюсовая подушка; 7 – заготовка гильзы; 8 – подшипники

Основным преимуществом автоматической сварки меди под флюсом является возможность получения стабильных высоких механических свойств без подогрева.

При сварке меди конструкции имеют склонность к остаточным деформациям. Это обусловлено коэффициентом линейного расширения меди, который в 1,5 раза превосходит аналогичный коэффициент для стали. Кроме того, зона термического влияния в меди всегда больше за счет высокой теплопроводности. При сварке меди неприемлема сварка короткими швами из-за повышенной текучести металла

Для обеспечения таких условий сварки была применена сварочная установка, которая показана на рис. 1.

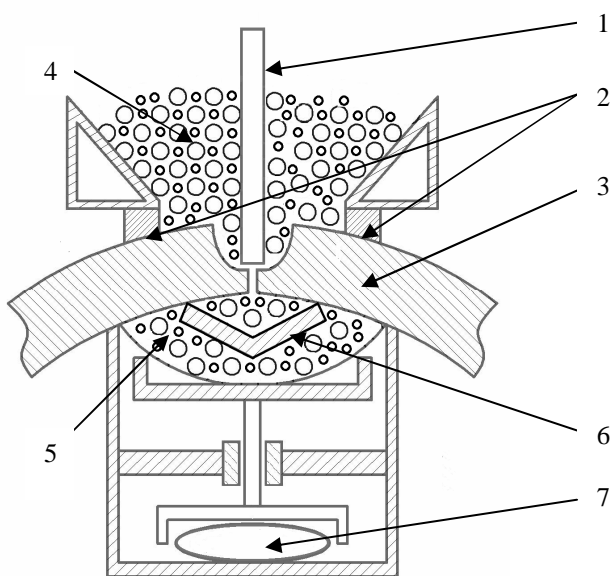


Рис. 2. Устройство токоподвода и флюсовой подушки:

- 1 – плавящийся электрод; 2 – токоподводы;
- 3 – свариваемая заготовка; 4 – флюс; 5 – флюсовая подушка;
- 6 – металлическая подкладка;
- 7 – пневматическая подушка

готовки гильзы 7 на флюсовой подушке 6 положение флюсовой подушки жестко фиксируется относительно колон 3, 4 и направляющей 2. При этом задается горизонтальное положение свариваемой заготовки 7 и плотное прилегание токоподвода.

В качестве флюса применяли смесь флюсов АН-26С и АН-60, состав флюсов приведен в табл. 4.

Сварочная установка (рис. 1) оснащена сварочной головкой 1, движущейся по направляющей 2, которая смонтирована на колонах 3, 4. Сварка производится после одевания заготовки гильзы 7 на вращающуюся, установленную на подшипниках 8, флюсовую подушку 6 и прижатия токоподвода 5. Устройство токоподвода и флюсовой подушки подробно показано на рис. 2.

Для получения качественного сварного соединения необходимо точное соблюдение траектории движения конца плавящегося электрода 1 относительно свариваемых кромок заготовки 3 (рис. 2) и плотное прилегание шин токоподвода 2 к поверхности гильзы 3. Это обеспечивается конструкцией установки. Направленные движения сварочной головки 1 (рис. 1) осуществляется с заданной скоростью вдоль направляющей 2. Флюсовая подушка 6 установлена таким образом, что для одевания на нее заготовки гильзы 7 она вращается вокруг оси, укрепленной в подшипниках 8. После размещения заготовки гильзы 7 на флюсовой подушке 6 положение флюсовой подушки жестко фиксируется относительно колон 3, 4 и направляющей 2. При этом задается горизонтальное положение свариваемой заготовки 7 и плотное прилегание токоподвода.

Таблица 3

Состав флюсов

Марка флюса	Содержание, %									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Feo	CaO	MgO	MnO	CaF	S	P	C
АН-26С	29,0–33,0	19,0–23,0	до 1,5	4,0–8,0	15,0–18,0	2,5–4,0	20,0–24,0	0,10	0,10	0,05
АН-60	42,5–46,5	8,0–5,0	до 1,5	3,0–11,0	0,5–3,0	36,0–41,0	5,0–8,0	0,15	0,15	–

Для сварки гильзы использовали сварочный медный провод М Т-6 диаметром 6 мм, по ГОСТ 16130-72, с химическим составом, приведенным в табл. 4.

Таблица 4

Химический состав сварочной проволоки

Cu	Bi	Sb	As	Fe
≥ 99, 90%	≤ 0,001 %	≤ 0,002 %	≤ 0,002 %	≤ 0,005 %
Ni	Pb	S	O	Примесей
≤ 0,02%	≤ 0,005 %	≤ 0,005 %	≤ 0,001 %	0,1 %

Сварка медной гильзы проводилась после тщательной подготовки кромок, которые свариваются. Подготовка состояла в специальной U-образной обработке кромок (рис. 2). Величина зазора между ними тщательно контролировалась. Поверхность кромок перед сваркой обезжировали. Сварка под флюсом осуществлялась на флюсовой подкладке. Перед сваркой U-образную разделку кромок предварительно покрывали слоем сварочного флюса.

Процесс сварки осуществлялся при напряжении 48–50 В. Сила сварочного тока составляла 2000–2200 А, скорость сварки 3,28 м/ч.

Полученный шов не имел дефектов в виде пор, трещин, несплавлений. Металл полученного шва имел характеристики: сопротивления разрыву $\sigma_6 = 1450\text{--}1590$ МПа, ударная вязкость $KCU = 65\text{--}101$ Дж/см², относительное удлинение $\delta = 26,0\text{--}36,7$ %.

По разработанной технологии были сварены медные гильзы. Керосиновые пробы и рентгенография подтвердили отсутствие дефектов сварного соединения. Представленный процесс позволил получить сварную заготовку медной гильзы кристаллизатора (рис. 4).

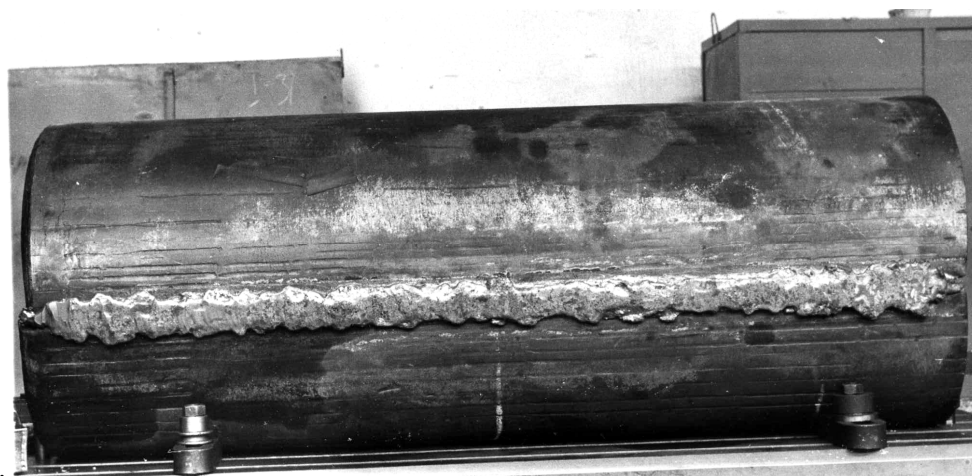


Рис. 4. Сварная заготовка медной гильзы кристаллизатора

ВЫВОДЫ

Разработана технология однопроходной электродуговой сварки под флюсом гильзы из меди М1р, вальцованной из листовых заготовок толщиной 60 мм. Разработанный малоотходный технологический процесс сварки заготовок гильз кристаллизатора обеспечивает энерго- и ресурсосбережение за счет сокращения энергозатрат, припусков на механическую обработку и снижение трудоемкости изготовления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамова Н. Б. Маркетинговые исследования рынка кристаллизаторов / Н. Б. Абрамова, Н. В. Пицик // Сб. науч. трудов Перспективные технологии в машиностроении. – Орск, 2002. – С. 75–76.
2. Абрамова Н. Б. Оптимизация технологии изготовления медных гильз кристаллизаторов сортовых машин непрерывного литья заготовок / Н. Б. Абрамова, Л. П. Соломин. – Информ. листок № 50-052-00 : Оренбург: ЦНИТИ, 2000. – 4 с.
3. Абрамова Н. Б. Состояние непрерывной разливки стали России и конкурентоспособность материала для кристаллизаторов / Н. Б. Абрамова, Ф. К. Ермохин // Инструмент и технологии. – 2001. – № 5–6. – С. 135–138.
4. Ресурсосберегающие технологии при производстве сварных заготовок / В. Г. Семенов, А. В. Жартовский, В. И. Кабацкий, А. В. Кабацкий. – Краматорск : ДГМА, 2009. – 160 с.
5. Колачев Б. А. и термическая обработка цветных металлов и сплавов. Учебник / Б. А. Колачев, В. А. Ливанов, В. И. Елагин. – М. : Металлургия, 1972. – 480 с.