Добрый день уважаемые обучающиеся. В связи с переходом на дистанционное обучение, вам выдается материал дистанционно.

Изучив теоретический лекционный материал, вам необходимо:

1. Составить краткие лекционные записи;
2. Ответить на вопросы;
3. Выполнить домашнее задание;
4. Краткую запись лекции, варианты ответов на вопросы, а так же домашнее задание переслать мастеру производственного обучения, Кутузову Константину Викторовичу, на электронный адрес[**kytyzov84@mail.ru**](mailto:kytyzov84@mail.ru)в формате **PDF** или **JPG**

**Дистанционный урок МДК 02.01**

**№ 80-81-2часа группа № 26 «А»**

(согласно КТП на 1-2 полугодие 2019-2020г)

**Тема: «**Технология РД сварки деталей из меди и ее сплавов»

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: O2 — до 0,03, Bi — до 0,003, Sb —до 0,005, Рb —до 0,03% (по массе). Для ответственных конструкций содержание этих примесей должно быть еще ниже: 02≤0,01, Bi≤0,0005, Pb≤0,004 %. Для особо ответственных изделий содержание O2 должно быть значительно ниже — менее 0,003 % (по массе). Содержание S не должно превышать 0,1 % (по массе).

*Склонность к порообразованию*

Медь и ее сплавы проявляют повышенную склонность к образованию пор в металле шва и околошовной зоне. Причиной образования пор является водород, водяные пары или образующийся углекислый газ при взаимодействии окиси углерода с закисью меди.

Высокие градиенты температуры способствуют развитию термической диффузии водорода в зоне термического влияния, что приводит к сегрегации водорода вблизи линии сплавления и увеличивает вероятность возникновения дефектов: пор, трещин. Растворимость водорода в меди зависит от содержания в ней кислорода и легирующих компонентов.

При сварке латуней причиной пористости может стать испарение Zn, температура кипения которого ниже температуры плавления Cu и составляет 907 °С. Испарение Zn уменьшает введение Мn или Si.

При сварке бронз выгорание легирующих примесей также может стать причиной появления пористости.

*Подготовка под сварку*

Свариваемый металл и электродная проволока перед сваркой тщательно очищаются от окислов механически (шабером, наждаком и пр.) или химически (травлением в растворе, содержащем в 1 л 75 мл HNO3, 100 мл H2,SO4, 1 мл НСl, остальное — дистиллированная вода, с последующей промывкой в воде, затем обезжириваются).

Выбор технического процесса сварки изделия в первую очередь определяется его назначением, сложностью (наличие коротких или криволинейных швов в различных пространственных положениях, труднодоступных мест), а также числом изготавливаемых изделий (серия) и требованиями, предъявляемыми к их качеству.

*Газовая сварка*

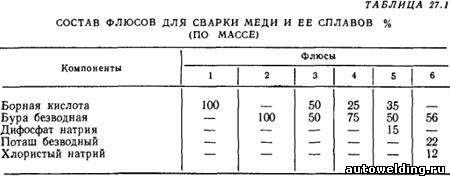
При единичном производстве и ремонтных работах рекомендуется использовать газовую сварку, в процессе которой осуществляется подогрев и начальная термическая обработка изделия. Невысокие температурные градиенты уменьшают воздействие сварочного термического цикла на металл в зоне сварки (шов, зона термического влияния). Возможно раскисление и легирование металла через присадочную проволоку. Газовую сварку можно применять как для чистой меди, так и для ее сплавов.

Газовая горелка — тепловой источник малой сосредоточенности, поэтому для сварки меди желательно использовать ацетилено-кислородную сварку, обеспечивающую наибольшую температуру ядра пламени. Для сварки толщин более 10 мм рекомендуется применять две горелки, из которых одна используется для подогрева, а вторая для образования сварочной ванны.

Для сварки меди и бронз используют нормальное пламя β = vO2/vC2H2 =1,05÷1,10, а для сварки латуней β= 1,3÷1,4 (с целью уменьшения выгорания цинка).

Раскисление металла сварочной ванны, несмотря на защиту от окружающей среды продуктами сгорания, производится извлечением закиси меди флюсами или введением раскислителей через присадочную проволоку.

Сварочные флюсы для меди содержат соединения бора (борная кислота, борный ангидрид, бура), которые растворяют закись меди, образуя легкоплавкую эвтектику, и выводят ее в шлак. Кроме соединений бора, флюсы могут содержать фосфаты и галиды (табл.1).

табл. 1

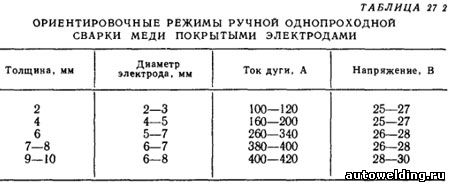
Флюсы наносят на зачищенные и обезжиренные свариваемые кромки по 10—12 мм на сторону. Дополнительно их можно вносить с помощью присадочного металла, на который наносят покрытие из компонентов флюса и жидкого стекла с добавками древесного угля [10—20 % (по массе)]. При сварке алюминиевых бронз в состав флюса надо вводить фториды и хлориды, растворяющие Аl2О3, который получается при окислении алюминия в составе бронзы.

При сварке Сu толщиной до 3 мм разделку кромок не производят, в качестве присадочной проволоки используют медь Ml или М2, так как медь не успевает существенно окислиться. При больших толщинах применяют присадочную проволоку, легированную раскислителями. При сварке медных сплавов состав присадочной проволоки должен совпадать с составом основного металла. При сварке латуней следует применять кремнистую латунь ЛК80-3. Медь больших толщин сваривают в вертикальном положении. После сварки осуществляют проковку в подогретом состоянии (до 300—400 °С) с последующим отжигом. При проковке получается мелкозернистая структура шва и повышаются его пластические свойства.

При правильно выполненной сварке и последующей проковке сварные швы имеют прочность σв= 166÷215 МПа и угол загиба 120—180°.

*Ручная сварка*

Выполняется на постоянном токе обратной полярности. Ориентировочные режимы приведены в (табл.2)

табл. 2

Медь толщиной до 4 см сваривают без разделки кромок, до 10 мм — с односторонней разделкой при угле скоса кромок до 60—70° и притуплении 1,5—3 мм. При большей толщине рекомендуется Х-образная разделка.

Для сварки латуней, бронз и медноникелевых сплавов применяются электроды марок ММЗ-2, Бр1/ЛИВТ, ЦБ-1, МН-4 и др. Широкое применение нашли электроды с покрытием «Комсомолец-100», в состав покрытия входят следующие компоненты, % (по массе): плавиковый шпат 10, полевой шпат 12, ферросилиций 8, ферромарганец 50, жидкое стекло 20. Подогрев свариваемых кромок необходим при толщине более 4 мм, при толщине 5—8 мм металл подогревают до 200—300 °С, при толщине 24 мм 750—800 °С.

Теплопроводность и электропроводность металла шва при сварке покрытыми электродами значительно снижаются. В процессе плавления электрода с покрытием в металл шва переходит часть легирующих компонентов и электропроводность шва составляет порядка 20 % от электропроводности меди Ml. Механические свойства швов, выполненных дуговой сваркой покрытыми электродами, вполне удовлетворительны: σв= 176÷196 МПа, угол загиба 180°.

Ручная дуговая сварка латуни применяется редко, так как интенсивное испарение Zn затрудняет работу сварщика. При сварке латуни применяют предварительный подогрев, пониженные токи и повышенные скорости. Сварные соединения из латуни Л62 имеют σв 243—340 МПа, угол загиба 126—180°.

Сварку бронз покрытыми электродами выполняют постоянным током обратной полярности как с подогревом, так и без предварительного подогрева, применяемые токи 160—280 А, диаметр электродов 6—8 мм.

*Автоматическая сварка под флюсом*

Основным преимуществом автоматической сварки Сu под флюсом является возможность получения стабильных высоких механических свойств без предварительного подогрева. Поэтому при изготовлении крупногабаритных сварных конструкций из Сu больших толщин технологический процесс достаточно прост и почти не отличается от процесса сварки сталей.

Химические составы некоторых флюсов, применяющихся для автоматической сварки меди и ее сплавов плавящимся электродом (ГОСТ 9087—69), приведены в

(табл.3)

 табл. 3табл. 4

При сварке меди под такими кислыми флюсами в металл шва переходят Si и Мn, в результате ухудшаются тепло- и электрофизические свойства соединений по сравнению с основным металлом. Применение бескислородных фторидных флюсов, например марки АН-M1, который содержит, % (по массе), 55 MgF2, 40 NaF, 5 BaF2, позволяет получать швы, удельное сопротивление которых в 1,5 раза ниже, а теплопроводность в 2 раза выше по сравнению со швами, выполненными под кислым флюсом АН-348А.

Для электродуговой сварки меди используются керамические флюсы: ЖМ-1 для сварки меди и К-13МВТУ для сварки меди со сталью.

Режимы сварки меди под флюсом К-13МВТУ приведены в табл.4

Сварку ведут на постоянном токе обратной полярности при жестком закреплении на подкладках из охлаждаемой меди (толщиной до 2,5 мм) или на графите (толщиной 5—6 мм). Состав флюса К-13МВТУ, % (по массе): глинозем 20, плавиковый шпат 20, кварцевый песок 8—10, магнезит 15, мел 15, бура безводная 15—19, порошок алюминия 3—5. Применение керамического флюса позволяет раскислить и легировать металл шва, электро- и теплопроводность металла шва получаются на уровне исходного металла.

С увеличением толщины металла керамические флюсы становятся ограниченно пригодными, так как не обеспечивают требуемой плотности и необходимой пластичности соединения. Снизить пористость при сварке Cu и хромистой бронзы позволила смесь, состоящая из 80 % (по массе) флюса АН-26С и 20 % флюса АН-20С. Лучшие результаты по плотности швов обеспечивает флюс сухой грануляции АН-М13 (ВТУ ИЭС 56Ф—72).

Для сварки латуни применяют плавленые флюсы (АН-20, ФН-10), а также специально разработанный для латуней флюс МАТИ-53. Ориентировочный режим сварки латуни толщиной 12 мм: ток дуги Iд = 450÷470 А, напряжение Uд = 30÷32В, скорость сварки vсв = 25 м/ч, используется односторонняя сварка без разделки кромок в один проход. Предел прочности сварного соединения из латуни марок Л62, ЛМд58-2, Л062-1, выполненного проволокой БрОЦ4-3 под флюсом АН-20, без усиления шва составляет 245—343 МПа, а с усилием шва 294— 392 МПа, угол загиба 100—180°.

Автоматическую дуговую сварку под флюсом применяют для соединения меди со сталью. Сварка производится со смещением электрода на медь, практически без оплавления стали: расплавленная медь смачивает стальную кромку и соединение образуется за счет диффузии меди в сталь. Применяется специальная разделка кромок: скос только медной кромки под углом 45° с притуплением, равным половине толщины. Стыковое или угловое соединения собираются без зазора, расстояние оси электрода от края медной кромки составляет 0,65—0,70 толщины меди. Режим сварки такой же, как и при сварке медных соединений, но сварочный ток снижают на 15—20%- Сварные соединения медь — низкоуглеродистая сталь обладают хорошими механическими свойствами: σв = 205÷225 МПа, ψ=59÷72%, KCU = 343÷981 кДж/м2.

*Электрошлаковая сварка меди и ее сплавов*

Применяется для Сu больших толщин 30—55 мм. Легирование шва осуществляют, применяя пластинчатые электроды соответствующего состава. Температура плавления флюса должна быть ниже температуры плавления меди, применяются легкоплавкие флюсы системы NaF—LiF—CaF2, которые обеспечивают устойчивый процесс, подогрев и плавление кромок на требуемую глубину, хорошее формирование шва и легкое удаление шлаковой корки. Особенностью режимов электрошлаковой сварки меди являются повышенные сварочные токи: I = 800÷1000 А, Uд =  40÷50 В, скорость подачи пластинчатого электрода 12— 15 м/ч. Механические свойства металла шва мало отличаются от свойств основного металла: σв=190÷197 МПа, δ=46÷47%, KCU= 1559÷1579 кДж/м2, α=180°.

*Дуговая сварка в защитных газах*

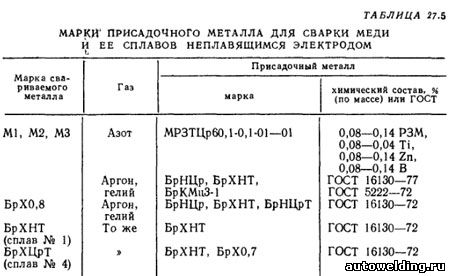
Ручную, полуавтоматическую и автоматическую сварку Cu и ее сплавов можно производить плавящимся и неплавящимся электродом. Наиболее часто применяют сварку вольфрамовым электродом с подачей присадочного металла в виде проволоки непосредственно в зону дуги, узкой профилированной про-ставки, закладываемой в стык, или с применением технологического бурта на одной из стыкуемых деталей. Реже применяется сварка плавящимся электродом.

В качестве защитных газов используют азот особой чистоты по МРТУ 6-02-375—66, аргон сорта высший по ГОСТ 10157—79, гелий высшей категории качества марок А и Б по ТУ 51-940—80, а также их смеси в соотношении по объему 50—75 % аргона.

При сварке в среде аргона плавящимся электродом процесс неустойчив, с трудом устанавливается стабильный струйный перенос металла в сварочной дуге. При сварке в среде азота эффективный и термический КПД дугового разряда выше, чем для аргона и гелия. Глубина проплавления получается выше, но устойчивость дугового разряда в азоте ниже, чем в аргоне и гелии. Несмотря на высокую чистоту защитных газов, медь при сварке подвергается окислению и может возникать пористость, что определяет необходимость применения легированных присадочных и электродных проволок.

Сварку меди неплавящимся электродом осуществляют на постоянном токе прямой полярности. При сварке электрод располагают строго в плоскости стыка, наклон электрода 60—80° «углом назад». При сварке Сu толщиной более 4—5 мм рекомендуется подогрев до 300—400 °С.

Присадочные проволоки из чистой меди Ml, М0 при сварке обеспечивают получение металла шва, по составу и физическим свойствам близкого к основному металлу, однако механические свойства сварного соединения понижены, наличие пористости уменьшает плотность металла шва. При введении в состав присадочных проволок раскислителей и легирующих компонентов механические свойства возрастают, но, как правило, снижается тепло- и электропроводность металла шва, что в ряде случаев недопустимо. В таких случаях рекомендуются присадочные проволоки, легированные сильными раскислителями в микроколичествах, которые после сварки не остаются в составе твердых растворов, а переходят в свои соединения и образуют  высокодисперсные шлаковые включения и поэтому не влияют на физические свойства металлов.

 табл. 5

Составы присадочных проволок приведены в табл. 27.5. Применение присадочных проволок для сварки чистой меди, приведенных в табл. 27.5, позволяет получить металл шва с физическими и механическими свойствами на уровне основного металла Ml, коррозионная стойкость сварных соединений такая же, как и у основного металла.

*Другие способы сварки*

Медь, как металл высокой пластичности, хорошо сваривается всеми видами сварки термомеханического класса, кроме контактной сварки, так как медь обладает малым переходным электрическим сопротивлением. Для приварки выводов из тонких медных проволок в изделиях электронной техники используют термокомпрессионную сварку. Для более крупных изделий сложной конфигурации широко применяют диффузионную сварку в вакууме, позволяющую получать соединения меди не только с медью, но и с другими металлами и даже неметаллическими материалами.

Холодную сварку меди пластической деформацией сдвига или сдавливания используют для сварки медных шин в энергетических установках. В этом случае обеспечивается удовлетворительное электрическое сопротивление сварных соединений.

***Вопросы для закрепления материала:***

1. [Свойства меди](http://www.autowelding.ru/publ/1/1/med_svojstva_medi/4-1-0-538)?
2. [Влияние примесей на свариваемость меди](http://www.autowelding.ru/publ/1/1/vlijanie_primesej_na_svarivaemost_medi/4-1-0-539)?
3. [Сварка меди](http://www.autowelding.ru/blog/svarka_medi/2011-10-26-144)?
4. [Технология сварки меди и ее сплавов](http://www.autowelding.ru/publ/1/1/tekhnologija_svarki_medi_i_ee_splavov/2-1-0-166)?
5. [Сварка меди и медных сплавов с металлами и сплавами других групп](http://www.autowelding.ru/publ/1/1/svarka_medi_i_mednykh_splavov_s_metallami_i_splavami_drugikh_grupp/2-1-0-191)?
6. [Сварка стали с медью и медными сплавами](http://www.autowelding.ru/publ/1/1/svarka_stali_s_medju_i_mednymi_splavami/2-1-0-199)?

Домашнее задание:

Написать РЕФЕРАТ на тему «Медь и её сплавы», не более 5 страниц печатного текста.