

Раздел 1. СВАРИВАЕМОСТЬ (ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ).

1.4 Медь, латунь и их свариваемость.

Медь — мягкий ковкий металл (предел прочности 220 МПа, относительное удлинение 60 %) с температурой плавления 1083,4 °С и плотностью 8,92 г/см³. После обработки давлением за счет наклепа предел прочности меди возрастает до 400- 450 МПа. Медь широко используют в машиностроении благодаря ее высокой теплопроводности, низкому электросопротивлению и высокой коррозионной стойкости в ряде агрессивных сред. Все указанные свойства меди тем выше, чем выше чистота металла. Это предъявляет особые требования к сварке изделий из чистой меди. В машиностроении используют медь различных марок в зависимости от чистоты по ГОСТ 859-78. В сварных конструкциях медь используют в виде листов, лент, полос, труб и проволоки.

В зависимости от способа изготовления она разделяется на четыре группы; бескислородную, катодную переплавленную, раскисленную и огневого рафинирования.

Медь маркируют буквой «М» и цифрами, которые обозначают максимально допустимые количества вредных примесей в данной марке, но численно с ними не связанные, т.е. являются порядковыми номерами марок. С увеличением порядкового номера марки меди повышается максимально допустимое содержание примесей. При маркировке бескислородная и раскисленная медь дополнительно содержат буквы «б» (бескислородная) и «р» (раскисленная).

Примеси, оказывающие существенное влияние на физико-химические и механические свойства меди, условно разделяют на три группы:

- элементы с очень малой (десятитысячные и тысячные доли процента) растворимостью в твердой меди (висмут, свинец), которые резко снижают пластичность в температурном интервале 400-800 °С и вызывают растрескивание металла при горячей обработке;
- элементы, ограниченно растворимые в твердой меди (кислород, фосфор, сера), образующие (при содержании в десятых долях процента) хрупкие фазы по границам кристаллитов;
- элементы, образующие при их относительно высоком содержании (до одного и более процента) твердые растворы (железо, никель, мышьяк).

Примеси всех трех групп снижают тепло- и электропроводность меди. Особенно вредное влияние оказывает кислород, снижающий механические и технологические свойства меди, а также ее коррозионную стойкость.

При нагреве медь реагирует с кислородом, серой, фосфором и галогенами. С водородом она образует гидрид CuH , с углеродом — ацетиленистую медь CuC_2 (взрывчатую), с азотом медь не реагирует.

Свариваемость меди. Медь можно сваривать всеми способами плавления. Однако при этом следует учитывать специфические свойства этого металла, в частности, высокую теплопроводность, большую жидкотекучесть и значительную активность металла при взаимодействии с кислородом и водородом в расплавленном состоянии. В связи с высокой теплопроводностью меди (в 6 раз выше, чем у стали) для сварки необходимо применять источники нагрева с большой тепловой мощностью. Высокая теплопроводность приводит также к существенной скорости охлаждения металла шва и ЗТВ и малому времени пребывания сварочной ванны в жидком состоянии, что ухудшает формирование шва. Хорошо сформированный шов можно получить с помощью предварительного подогрева, который обеспечивает более равномерное распределение теплоты в сварочной ванне. Предварительный и сопутствующий подогрев, помимо снижения вероятности образования дефектов (подрезов, наплывов, трещин, пористости), улучшает условия кристаллизации сварного шва, снижает внутренние напряжения и устраняет склонность металла шва к образованию трещин.

Особенно отрицательное влияние на свариваемость оказывает кислород, снижающий механические и технологические свойства меди, а также ее коррозионную стойкость. В процессе взаимодействия меди с кислородом образуется хорошо растворимый в жидком металле оксид меди (CuO), создающий с медью легкоплавкую эвтектику ($\text{Cu-Cu}_2\text{O}$), которая при кристаллизации располагается по границам зерен, охрупчивая металл шва.

Вредные примеси также образуют с медью легкоплавкие эвтектики, которые охрупчивают основной и наплавленный металл: сера ($\text{Cu-Cu}_2\text{S}$), свинец ($\text{Cu-PbO-PbO}_2\text{-PbO}_3$), висмут ($\text{Cu-BiO-Bi}_2\text{O}_3\text{-Bi}_2\text{O}_5$) и др.

При содержании в меди более 0,01 % кислорода не удастся получить металл шва без пор. Механические свойства сварных соединений также находятся в прямой зависимости от содержания кислорода в металле шва. Поэтому ответственные металлоконструкции следует изготавливать из бескислородной (МОБ) или раскисленной (М1р-М3р) меди. Аналогичные требования необходимо предъявлять и к присадочному материалу.

Отрицательное влияние на свариваемость меди оказывает также водород, который хорошо растворяется в жидкой меди и вызывает образование пор в швах и трещины в околошовной зоне, так называемую водородную болезнь. Это обусловлено тем, что растворившийся в металле шва

водород диффундирует в околошовную зону и при наличии в металле оксида меди взаимодействует с ним.

Образующиеся пары воды скапливаются между кристаллитами в газообразные прослойки и при охлаждении способствуют возникновению трещин в температурном интервале 300-350 °С (интервал хрупкости меди).

Отрицательное влияние на свариваемость меди оказывает также ее большой коэффициент теплового расширения (в 1,5 раза выше, чем у углеродистых и легированных сталей), кроме того, большая усадка, которая вызывает повышенные деформации и остаточные сварочные напряжения. Это способствует образованию трещин в температурном интервале 250-550 °С, когда металл обладает минимальной пластичностью и прочностью. Для предотвращения образования трещин, вызванных деформациями и напряжениями, следует избегать жесткого закрепления свариваемых элементов, а также проводить проковку при выполнении многослойных швов каждого слоя (после первого) при температуре металла шва не выше 200 °С, когда он имеет повышенную пластичность.

Латуни.

Латунями называют сплавы меди с цинком (простые латуни), содержание последнего может достигать 50 %. При легировании латуни другими элементами (свинец, кремний, марганец, алюминий, железо) сплав относится к сложным, или специальным латуням.

В зависимости от назначения и механических свойств латуни разделяют на обрабатываемые давлением (ГОСТ 15527-70) и литейные (ГОСТ 17711-80).

Двойные (содержащие только медь и цинк) деформируемые латуни обозначают условно буквой Л, за которой следуют буквы и цифры, указывающие содержание меди (Л90 — латунь, содержащая в среднем 90 % меди, цинк — остальное). При обозначении сложных латуней за буквой Л следуют буквы указывающие металлы, какими они дополнительно легированы, и цифры, указывающие их количество (ЛМцЖ55-3-1 — латунь со средним содержанием меди 55 %, марганца — 3, железа — 1, цинк — остальное). Содержание цинка в марках латуней, обрабатываемых давлением, не указывают, т. е. цинк — остальное.

Таблица 2 - Условное обозначение легирующих элементов в марках цветных металлов и сплавов

Элемент	Обозначение	Элемент	Обозначение
Алюминий	А	Никель	Н
Бериллий	Б	Олово	О

Бор	Бо	Свинец	С
Железо	Ж	Серебро	Ср
Кадмий	Кл	Сурьма	Су
Кремний	К	Титан	Т
Магний	Мг	Фосфор	Ф
Марганец	Мц	Хром	Х
Медь	М	Цинк	Ц
Мышьяк	Мш	Редкоземельные	Рз

Марки латуни, предназначенные для отливок (ГОСТ 17711-80), начинаются с буквы «ЛЦ», после которой следует цифра, указывающая среднее содержание цинка в соответствующей латуни, а не меди, как это было ранее в ГОСТ 17711-72. За этой цифрой следуют буквы и цифры, указывающие среднее содержание каждого легирующего элемента. Например, обозначение ЛЦ38Мц2С2 означает, что в данной марке среднее содержание цинка составляет 38 %, марганца — 2 %, свинца — 2 %, остальное — медь.

Латуни, содержащие до 10 % цинка, называются томпаками (Л96, Л90), а содержащие от 10 до 20 % цинка, — полутомпаками (Л85, Л80).

С увеличением содержания цинка изменяются физические свойства латуней (снижается плотность, тепло- и электропроводность, а коэффициент линейного расширения увеличивается).

Многокомпонентные латуни в зависимости от содержания в них легирующих элементов разделяют на алюминиевые (ЛА77-2), марганцовые (ЛМд.58-2), свинцовые (ЛС59-1-1) и др. При содержании в латунях нескольких легирующих элементов их называют соответственно железомарганцовыми (ЛЖМц59-1-1), алюминийно-никелевыми (ЛАН.59-3-2) и др.

Каждый легирующий элемент придает латуни свои специфические свойства, которые определяют область их применения и назначения;

- высокое содержание меди в латунях придает им высокую пластичность в холодном состоянии, поэтому их используют для изготовления полуфабрикатов холодным прессованием;
- повышенное содержание цинка в латунях позволяет легче их обрабатывать резанием и они лучше противостоят износу без смазки;
- самыми высокими антифрикционными свойствами обладают латуни, содержащие свинец, что позволяет использовать их в качестве материала для изготовления подшипников трения;
- оловянные латуни обладают повышенной коррозионной стойкостью в морской воде, поэтому их широко используют в судостроении.

Свариваемость латуней. Двойные латуни, содержащие примерно до 30% цинка, имеют однофазную структуру α -твердого раствора, что определяет их высокую пластичность и хорошую свариваемость. При дальнейшем повышении содержания цинка в двойных латунях они приобретают двойную $\alpha+\beta$ или однофазную - β структуру и имеют пониженную пластичность, ограниченную свариваемость и обрабатываются давлением только в горячем состоянии.

Легирование латуней другими элементами (алюминием, марганцем, кремнием и др.) существенно изменяет их структуру, а также механические и теплофизические свойства. Повышение содержания цинка в латунях снижает их тепло- и электропроводность, что способствует некоторому улучшению их свариваемости за счет более низкой температуры предварительного подогрева.

Введение в латуни кремния также улучшает их свариваемость, поскольку тугоплавкая пленка диоксида кремния (SiO_2), образующаяся при его взаимодействии с кислородом воздуха, уменьшает испарение цинка из расплавленного металла. Кремний повышает также стойкость против коррозионного растрескивания, к которому склонны латуни, содержащие более 20 % цинка при эксплуатации изделий в коррозионных средах в условиях растягивающих напряжений. Для повышения стойкости металлоконструкций из латуней к коррозионному растрескиванию они подвергаются низкотемпературному отжигу при температуре 250-300 °С в течение 1-2 ч. В ряде случаев изделия из латуней после сварки подвергают высокотемпературному отжигу при 400-500 °С в течение 3 ч. Это полностью снимает остаточные сварочные напряжения, исключает деформацию изделий после механической обработки, не снижая при этом механических свойств латунных сварных соединений.

Высокопрочные двухфазные латуни обладают худшей свариваемостью, чем однофазные, так как уменьшение в их структуре пластичной α -фазы снижает стойкость против образования трещин в околошовной зоне.

Малый температурный интервал кристаллизации обуславливает их высокую склонность к образованию пор в металле шва, а высокая жидкотекучесть ограничивает выполнение швов в положениях, отличных от нижнего и наклонного.

Основной проблемой при сварке латуней является испарение цинка, имеющего низкую температуру кипения (907 °С), близкую к температуре плавления латуней (900-1000 °С). При этом он интенсивно окисляется, образуя оксид цинка (ZnO), который создает облако белого цвета, ухудшающее видимость сварочной ванны, что затрудняет сварщику выполнение операций, связанных с формированием шва. Испарение цинка способствует также образованию пор в металле шва. Пары и оксид цинка

чрезвычайно токсичны, что требует применения особых мер защиты сварщика от отравления. В первую очередь организации эффективной вентиляции и применение индивидуальных мер защиты органов дыхания сварщика, а также технологических мероприятий, заключающихся в ограничении режимов сварки, выполнении швов короткими валиками с перерывами на охлаждение после наложения каждого валика, использование бронзовых проволок и проволок, содержащих кремний.