



# ТЕХНОЛОГІЯ І ОБОРУДОВАННЯ СВАРКИ ПЛАВЛЕННЯМ

(по матеріалам учебника Акулова А.И., Бельчука Г.А., Демянцевич В.П.  
Технология и оборудование сварки плавлением. Учебник для студентов вузов.  
М., «Машиностроение», 1977. – 432 с.)

**Автор: д. т. н. Лузан С.О.**

**Лекция 16. Сварка меди и сплавов на  
её основе.  
(тема 6)**

**План лекции**

**1.**



# 1. Состав, свойства.

**Медь** – это первый металл, который человек начал добывать и обрабатывать ещё задолго до знакомства с железом. **В меди нет полиморфных превращений**, во всём интервале температур ниже точки плавления она имеет **ГЦК решётку**.



**Выплавка меди из медной руды**

**Медь** имеет плотность  $\gamma = 8,94 \text{ г/см}^3$ , температуру плавления  $t_{\text{пл}} = 1083 \text{ }^\circ\text{C}$ , механические свойства меди зависят от чистоты и степени пластической деформации. Чистая медь обладает небольшой прочностью ( $\sigma_{\text{в}} = 200 \text{ МПа}$ ) и высокой пластичностью ( $\delta = 60 \%$ ), **хорошо сваривается**.

**Специфические свойства меди:** высокая тепло – и электропроводность, химическая стойкость и устойчивость против перехода в крупное состояние при температурах глубокого холода.

# 1. Состав, свойства.

**Медные сплавы**, сохраняя положительные свойства меди (высокие теплопроводность, электропроводность, коррозионную стойкость), **имеют по сравнению с медью повышенную прочность при хороших технологических свойствах.**

	←	<table border="1"> <tr><td>13</td></tr> <tr><td><b>Al</b></td></tr> <tr><td>АЛЮМИНИЙ</td></tr> <tr><td>26,981</td></tr> <tr><td>3s<sup>2</sup> 3p<sup>1</sup></td></tr> </table>	13	<b>Al</b>	АЛЮМИНИЙ	26,981	3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup>
13							
<b>Al</b>							
АЛЮМИНИЙ							
26,981							
3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup>							
	←	<table border="1"> <tr><td>30</td></tr> <tr><td><b>Zn</b></td></tr> <tr><td>ЦИНК</td></tr> <tr><td>65,38</td></tr> <tr><td>3d<sup>10</sup> 4s<sup>2</sup></td></tr> </table>	30	<b>Zn</b>	ЦИНК	65,38	3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>
30							
<b>Zn</b>							
ЦИНК							
65,38							
3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>							
	←	<table border="1"> <tr><td>50</td></tr> <tr><td><b>Sn</b></td></tr> <tr><td>ОЛОВО</td></tr> <tr><td>118,69</td></tr> <tr><td>5s<sup>2</sup> 5p<sup>2</sup></td></tr> </table>	50	<b>Sn</b>	ОЛОВО	118,69	5s <sup>2</sup> 5p <sup>2</sup>
50							
<b>Sn</b>							
ОЛОВО							
118,69							
5s <sup>2</sup> 5p <sup>2</sup>							
	←	<table border="1"> <tr><td>4</td></tr> <tr><td><b>Be</b></td></tr> <tr><td>БЕРИЛЛИЙ</td></tr> <tr><td>9,012</td></tr> <tr><td>2s<sup>2</sup></td></tr> </table>	4	<b>Be</b>	БЕРИЛЛИЙ	9,012	2s <sup>2</sup>
4							
<b>Be</b>							
БЕРИЛЛИЙ							
9,012							
2s <sup>2</sup>							
	←	<table border="1"> <tr><td>14</td></tr> <tr><td><b>Si</b></td></tr> <tr><td>КРЕМНИЙ</td></tr> <tr><td>28,086</td></tr> <tr><td>3s<sup>2</sup> 3p<sup>2</sup></td></tr> </table>	14	<b>Si</b>	КРЕМНИЙ	28,086	3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup>
14							
<b>Si</b>							
КРЕМНИЙ							
28,086							
3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup>							
	←	<table border="1"> <tr><td>25</td></tr> <tr><td><b>Mn</b></td></tr> <tr><td>МАРГАНЕЦ</td></tr> <tr><td>54,938</td></tr> <tr><td>3d<sup>5</sup> 4s<sup>2</sup></td></tr> </table>	25	<b>Mn</b>	МАРГАНЕЦ	54,938	3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup>
25							
<b>Mn</b>							
МАРГАНЕЦ							
54,938							
3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup>							
	←	<table border="1"> <tr><td>28</td></tr> <tr><td><b>Ni</b></td></tr> <tr><td>НИКЕЛЬ</td></tr> <tr><td>58,70</td></tr> </table>	28	<b>Ni</b>	НИКЕЛЬ	58,70	
28							
<b>Ni</b>							
НИКЕЛЬ							
58,70							

**Для легирования меди** используют в основном растворяющиеся в ней элементы:

- алюминий,
- цинк,
- олово,
- бериллий,
- кремний,
- марганец,
- никель.

По **химсоставу** медные сплавы делятся на **латуни** (главный легирующий элемент – **Zn**) и **бронзы** (сплавы меди с **Sn, Al, Si, Mn, Cr, Fe** и другими элементами при содержании **Zn** не более 4 ... 5 %).

# 1. Состав, свойства.

5

**Медь и медные сплавы**  
поставляются в виде проката и отливок

## Марки меди

раскисленной –  
М1р; М2р; М3р

огневого рафиниро-  
вания – М2; М3

## Марки латуней

Л90 (томпак)

Л80 (полутомпак)

Л63

ЛМц58 – 2

ЛК80 – 3

## Марки бронз

БрОФ6,5 – 0,15

БрАМц9 – 2

БрАЖМц10 – 3 – 1,5

БрКМц3 – 1

БрХ0,7

**Области применения:** теплообменные аппараты, различного рода сосуды, химические аппараты, трубопроводы, электrorаспределительные устройства, высокоохлаждаемые кристаллизаторы печей вакуумно-дуговой, электрошлаковой, электронно-лучевой и плазменной плавки металлов и сплавов, криогенная техника.

## Контрольные вопросы

1. Какая кристаллическая решетка у меди?
2. Какая свариваемость у меди?
3. Плотность и температура плавления меди?
4. Какие элементы используют для легирования меди?
5. Области применения меди и её сплавов?



## 2. Общие сведения о свариваемости.

7

**Металлургические и технологические особенности сварки меди, затрудняющие этот процесс, состоят в следующем.**

1. Склонность швов к образованию кристаллизационных трещин обусловлена тем, что примеси, присутствующие в меди, и в первую очередь  $O_2$ , Sb сурьма,  $V_i$  висмут, S и Pb, образуют с металлом легкоплавкие эвтектики, которые располагаются по границам зёрен и снижают их прочность.

Поэтому ограничивают содержание примесей в меди, предназначенной для сварных конструкций ( $O_2$  – до 0,03%;  $V_i$  – до 0,003 %; Sb – до 0,005 %; Pb – до 0,03 %). Для ответственных сварных конструкций в качестве конструкционного материала используют бескислородную медь (M00б, M0б, M1б).

2. Большая растворимость водорода в расплавленной меди и падение растворимости при кристаллизации является причиной образования пор, что усугубляется большой скоростью охлаждения меди в связи с высоким коэффициентом теплопроводности. Кроме того, часть растворенного в расплавленном металле водорода взаимодействует с оксидом меди. Образующийся при этом водяной пар не успевает выделиться из металла и способствуют появлению пор - «водородной болезни».

## 2. Общие сведения о свариваемости.

**Металлургические и технологические особенности сварки меди, затрудняющие этот процесс, состоят в следующем.**

3. Лёгкая окисляемость меди приводит к образованию оксида меди  $\text{Cu}_2\text{O}$ , растворимого в жидкой меди и весьма ограниченно в твёрдом металле, поэтому при сварке меди необходимо проводить расширение сварочной ванны.

4. Вследствие высокой теплопроводности меди (почти в 6 раз больше, чем у стали) для сварки плавлением необходимо применять источники нагрева с большой тепловой мощностью, а также повышенную погонную энергию сварки. Высокие тепло- и температуропроводность приводят также к значительным скоростям охлаждения металла шва и околошовной зоны, что ухудшает формирование шва. Хорошее формирование шва можно сохранить с помощью предварительного подогрева. Изделия толщиной более 10 ... 15 мм подогревают газовым пламенем, рассредоточенной дугой и другими способами до следующей температуры: из меди – 250 ... 300 °С; латуни – 300 ... 350 °С; бронзы – 500 ... 600 °С.

## 2. Общие сведения о свариваемости.

**Металлургические и технологические особенности сварки меди, затрудняющие этот процесс, состоят в следующем.**

5. Большая жидкотекучесть меди не позволяет производить на весу одностороннюю сварку с полным проплавлением кромок и хорошим формированием шва с обратной стороны. Для односторонних стыковых швов требуется применение подкладок, плотно прилегающих к свариваемому металлу: медных, графитовых, из сухого асбеста, флюсовых подушек. Большая жидкотекучесть меди затрудняет также сварку в вертикальном и особенно в потолочном положении.

6. Высокий коэффициент линейного расширения меди (в 1,5 раза больше, чем у стали) вызывает необходимость принятия дополнительных мер по предотвращению значительных остаточных деформаций конструкций (выбор соответствующего способа сварки и оптимальных режимов сварки, предварительный и сопутствующий подогрев, рациональный порядок наложения швов и др.).



## 2. Общие сведения о свариваемости.

10

1. Ручная дуговая сварка угольным или графитовым электродом

2. Ручная дуговая сварка металлическими покрытыми электродами

3. Автоматическая сварка под флюсом угольным электродом

4. Автоматическая сварка под флюсом плавящимся электродом

**Способы сварки меди и её сплавов.**

5. Сварка в среде защитных газов неплавящимся и плавящимся электродом

6. Плазменная и микроплазменная сварка

7. Электрошлаковая сварка



# Контрольные вопросы

1. Чем можно обеспечить хорошее формирование шва при сварке меди?
2. Причина склонности швов к образованию кристаллизационных трещин?
3. Перечислите способы сварки меди и её сплавов?



### 3. Характеристика сварочных материалов для сварки меди и её сплавов.

**В качестве неплавящихся электродов для дуговой сварки используются:**

Графитовые электроды получаемые путём резки и обтачивания графитизированных электродов по ГОСТ 4426-71

Круглые сварочные угольные электроды диаметром 4, 6, 8, 10, 15 и 18 мм при длине  $250 \pm 10$  мм по ГОСТ 10720-75

При дуговой сварке в защитных газах используются прутки из лантанированного или иттрированного вольфрама с добавкой окиси лантана или окиси иттрия.

Вольфрамовые электроды в виде прутков по ГОСТ 23949 – 80.



### 3. Характеристика сварочных материалов для сварки меди и её сплавов.

Для сварки меди и её сплавов выпускаются проволока диаметром 0,8 ... 8 мм семнадцати марок и прутки диаметром 6 ... 8 мм двенадцати марок.

Используют также проволоку и прутки из меди марок М1, М1р, МЗр, из латуни, бронзы.

Комплексно-легированные электродные проволоки для сварки меди в защитных газах, содержащие эффективные раскислители РЗМ(Рз) – бор, цирконий и титан: МРзТБ0,1 – 0,1 – 0,08; МРзТЦрБ0,1 – 0,1 – 0,1.



### 3. Характеристика сварочных материалов для сварки меди и её сплавов.

Для сварки конструкций из меди и хромистой бронзы средних и больших толщин (5 ... 20 мм). Наибольшее распространение получили электроды марки АНЦ – 1, АНЦ – 3 и АНЦ – 3М диаметром 4, 5 и 6 мм, электроды разработаны в ЦЭС им. Е. О. Патона и выпускаются по ТУ ИЭС – 593 – 86.

Электроды К – 100 и 3Т содержат компоненты, которые легируют и раскисляют металл шва. Для изготовления электродов применяют стержни из проволок марок М1, БрКМц3 – 1, прутки из сплавов БрОФ4 – 0,4; Л90 и др.

Для сварки медных сплавов предназначены электроды: марок ММЗ – 2 – для латуней; марки Бр1/ЛИВТ – для сварки оловянных бронз; марки ЦБ – 1 – для сварки алюминиевых бронз; марки МН – 4 – для сварки медно–никелевых сплавов.



### 3. Характеристика сварочных материалов для сварки меди и её сплавов.

При автоматической сварке под флюсом конструкций из меди и сплавов применяются следующие флюсы.

Для сварки меди толщиной до 20 ... 25 мм применяют стандартные плавленные флюсы марок АН – 348А, ОСЦ – 45, АН – 20С, АН – 26С, предназначенные для сварки сталей.

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

Состав этих флюсов следующий (%): ЖМ-1 – мрамор – 28,0; полевой шпат – 57,5; плавиковый шпат – 8,0; древесный уголь – 2,2; борный шлак – 3,5; порошок алюминия – 0,8. К – 13МВТУ: глинозём – 20; плавиковый шпат – 20; кварцевый песок – (8 ... 10); магнезит – 15; мел – 15; бура безводная – (15 ... 19); порошок алюминия – (3 ... 5).

### 3. Характеристика сварочных материалов для сварки меди и её сплавов.

При автоматической сварке под флюсом конструкций из меди и сплавов применяются следующие флюсы.

При аргонодуговой сварке неплавящимся электродом тонколистовой меди толщиной 2 ... 6 мм с целью повышения качества швов рекомендуется применять активирующий флюс – пасту АН – М15.

Для электрошлаковой сварки меди применяют легкоплавкий флюс на фторидной основе марки АН – М10 системы  $\text{NaF} - \text{LiF} - \text{CaF}_2$ .

Наиболее инертными универсальными защитными газами являются аргон и гелий. Для защиты меди и её сплавов может быть использован азот.

# Задание для самостоятельного изучения:



*Холодная сварка чугуна электродами, обеспечивающими получение в наплавленном металле низкоуглеродистой стали*

Акулова А.И., Бельчука Г.А., Демянцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением. Учебник для студентов вузов. М., «Машиностроение», 1977. – 432 с. (С. 333-336)





**Кафедра технології металлов и матеріалознавства**

**Лузан Сергей Алексеевич**

**E-mail: [khadi.luzan@gmail.com](mailto:khadi.luzan@gmail.com)**

**г. Харків, ул. Петровського, 25, ХНАДУ, КАФЕДРА ТМ и М**

**Тел. 097-174-19-15**