

Влияние различных примесей и добавок на свойства меди  
Ш.Б.Ташбулатов, С.А.Турсунбаев, Ш.М.Чоршанбиев  
*Ташкентский государственный технический университет, им. Ислама  
Каримова, г. Ташкент, Узбекистан*

*В данной статье рассмотрены сведения по важнейшим группам применяемых в технике полуфабрикатов и изделий из меди. Кратко описываются важнейшие технологические свойства их, особенности поведения при плавке, литье, механической и термической обработки; важнейшие виды брака; происхождения его и борьба с ним. Намечаются пути улучшения производства и экономии меди.*

*Ключевые слова: Медь, кислород, раскисления, плавка.*

Как видно нам элементы P, As, Sb, Al, Fe, Sn особенно сильно влияет на качестве и снижают электропроводность меди.

Благоприятное влияние кислорода на электропроводность меди при содержании его в пределах 0,02-0,08 % можно объяснить тем, что остающийся при плавке в меди кислород способствует более полному удалению водорода и других (окисляющихся) примесей из расплава.

Будучи почти нерастворимым в меди при комнатной температуре, весь содержащийся в меди кислород находится в виде обособленных шаровидных твердых и хрупких частичек  $\text{Cu}_2\text{O}$ , образующих с медью эвтектику.

В структуре литой меди цепочки или тонкоружевные участки смеси  $\text{Cu}_2\text{O} + \text{Cu}$  располагаются между кристаллами Cu, что снижает пластичность (обрабатываемость давлением) меди как в горячем, так и в холодном состоянии. Еще более разрушительное влияние при обработке давлением оказывают местные скопления  $\text{Cu}_2\text{O}$ , образующиеся в результате прорыва пленок закиси при разливе в формы.

Медь имеет сильно выраженное химическое сродства к кислороду. Поверхность только что залитой в форму меди имеет красивый цвет морской воды. Буквально через несколько секунд поверхность жидкой меди теряет свой цвет и блеск, становится белой-матовой-покрывается пленкой закиси  $\text{Cu}_2\text{O}$ .

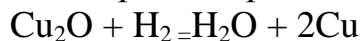
При нагревании слитков меди и при отжиге при температурах не выше  $900^\circ\text{C}$  кислород глубоко в медь не проникает.

При температурах  $950-970^\circ\text{C}$  скорость диффузии кислорода в медь значительно возрастает, образующиеся при этом мельчайшие шарики  $\text{Cu}_2\text{O}$  коагулируют. При температуре  $1000^\circ\text{C}$  и выше скорость диффузии кислорода увеличивается еще больше, усиливается и коагуляция шариков  $\text{Cu}_2\text{O}$ .

Пробы меди, имевшие литейную корку, содержащую около 3%  $\text{Cu}_2\text{O}$ , давали трещины при холодной деформации с обжатием 35-50%. После удаления литейной корки эти пробы можно было катать без дефектов.

В медь для электрических целей кислорода допускается не более 0,02 % в других марках меди до 0,1%  $\text{O}_2$ .

При получения из меди с повышенным содержанием кислорода листов, лента, проволоки, трубок, фасонных прутков в процессе промежуточного или выходного отжига их, который проводится в пламенной печи с восстановительным коптящим пламенем (содержащим  $H_2$  и легкие углеводороды), может возникнуть явление «водород болезни», при которой между частичками закиси меди и водородом происходит реакция:



В результате этой реакции и выделения паров  $H_2O$  внутри металла возникают микропоры и микротрещины, межкристаллические связи ослабевают, медь становится ломкой, хрупкой.

Восстанавливающее влияние водорода начинается при  $400^{\circ}C$  и достигает высшего предела при  $700-800^{\circ}C$ . В катодной меди, содержащей 0,07 %  $O_2$ , наиболее глубокое внедрение  $H_2$  происходит при  $800^{\circ}C$ . В литую медь, содержащую 0,12%  $O_2$ , за 7 ч при температуре  $900^{\circ}C$  водород проникает на глубину 8,9 мм.

В меди, содержащей 0,026%  $O_2$ , нагреваемой в среде водорода, водород проникает на глубину 1,5мм: при  $1000^{\circ}C$  через 10 мин; при  $900^{\circ}C$  через 30 мин; при  $800^{\circ}C$  через 35 мин; при  $700^{\circ}C$  через 50 мин.

При температуре  $600^{\circ}C$  даже при нагреве в течение 240 мин, водород проникает только на глубину 0,9 мм.

В работе проведенной с целью уточнения влияния разных режимов нагрева в водороде на разные сорта медной заготовки, было установлено следующее. При воздействии чистого водорода на разные заготовки из нераскисленной меди появляется хрупкий наружный слой, толщина которого увеличивается с повышением температуры нагрева и продолжительности выдержки. Предел прочности падает до  $2,5кГ/мм^2$  при незначительном удлинении.

На медь, раскисленную фосфором, водород не действует.

Данные о характере диффузии кислорода в различных сортах меди при отжиге (нагревании) в атмосфере воздуха приведены в табл.1.

Глубина проникновения кислорода в медь в зависимости от температуры и продолжительности отжига

Таблица 1

Состояние	Температура отжига, $^{\circ}C$	Продолжительн ость отжига, <i>мин</i>	Глубина проникновения кислорода, <i>мм</i>
Раскисленная	900	10	1,6
	800	50	1,6
	700	240	0,9
Плавленная в вакууме	800	40	1,6

Влияние кислорода на механические свойства указаны в таб.2.

Влияние кислорода на механические свойства меди

Таблица 2

Содержание кислорода %	Относительное удлинение меди, %	
	Холоднокатаной	отоженной
0,015	20,4	58
0,017	12,0	49,2
0,282	7,4	38,0
0,36	4,0	34,3

Практика производства фасонных прутков из вайербаров с содержанием кислорода – 0,05 % показала, что из такой меди получают прутки высокого качества. При получения прутков из вайербаров, содержащих 0,1-0,20 % O<sub>2</sub>, получается значительное количества брака.

Кроме кислорода и водорода, расплавленная медь может поглощать и другие газы. При обычных методах получения слитков медь в жидком состоянии при температуре 1100-1150<sup>0</sup> С может растворять, см<sup>3</sup>:

H <sub>2</sub> . . . . .	0,725	CO . . . . .	2,65
N <sub>2</sub> . . . . .	0,287	CO <sub>2</sub> . . . . .	1,88
		SO <sub>2</sub> . . . . .	14,5

Растворимость дана в 100 г расплавленного металла, а объем газа приведен к 0<sup>0</sup> С и атмосферному давлению.

При перехода из жидкого состояния в твердое растворимость газов в металлах резко меняется (таб. 3.)

Изменение растворимости водорода в металлах при переходе из жидкого состояния в твердое

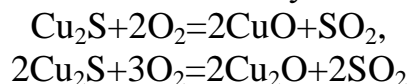
Таблица 3

Состояние металла	В меди		В никеле		В серебре	
	при темпера- туре, <sup>0</sup> С	водород	при темпера- туре, <sup>0</sup> С	водород	при темпера- туре, <sup>0</sup> С	Водо- род
Жидкое	1083	0,54	1465	3,43	973	22,4
Твердое	1083	0,19	1400	1,51	800	0,354

*Примечание: В таблице даны объемы газа, заключающиеся в одном объеме металла в зависимости от состояния последнего.*

Некоторые данные о количестве газов, выделяющихся при вакуумной плавке из меди разного происхождения, и о составе этих газов которые методом вакуумной плавки определяется содержание H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, S, Св меди с точностью 5-10% от измеряемой величины позволявшей обнаружить присутствие 0,5 мл водорода в 100 г металла а содержание O<sub>2</sub>, S и С с точностью 0,001%.

Обогащенная серой медь взаимодействует с кислородом по реакциям:



Это необходимо учитывать при плавке и последующей обработке меди.

Как при плавке металла, так и при нагревании в атмосфере пламенных газов, надо избегать применения топлива, содержащего значительные количества серы (мазут и каменной уголь), учитывая, что и  $\text{Cu}_2\text{O}$  и  $\text{Cu}_2\text{S}$  вредно действуют на пластичность меди. Сера всегда имеется даже в электролитической меди.

Изучение влияния продуктов горения, содержащих  $\text{SO}_2$ , при рафинировании катодной меди в пламенной печи показало, что жидкая медь может поглощать серу из  $\text{SO}_2$  даже при низких парциальных давлениях (От  $10^{-2}$  до  $10^{-3}$  атм  $\text{SO}_2$ ). Особенно опасно обогащение медной ванны серой, возникающее в условиях полного сгорания топлива или при восстановительном пламени, когда свободный кислород в продуктах горения совершенно исчезает и отношение  $\text{CO}_2 : \text{CO}$  сильно падает. Даже при окислительном процессе горения поглощение медной ванной серы из  $\text{SO}_2$  возможно, когда распыливание древесного угля непосредственно на поверхности ванны образует богатый  $\text{CO}$ , восстанавливающий пограничный газовый слой. Чтобы предотвратить переход  $\text{S}$  из  $\text{SO}_2$  в медь у чистой поверхности ванны перед распыливанием древесного угля, горелки печи выключаются.

#### Библиографический список

1. Абрамов Г.Г. Справочник молодого литейщика / Г.Г. Абрамов – М. : Высш. школа. 1991 г.
2. Литейного производство / А.М. Михайлов ( и др.) – М. : Машиностроение, 1987. – 256 с.
3. Титов , Н.Д. Технология металлов и материаловедение / Б.В. Кнорозов ( и др) – М. : металлургия , 1987 .