

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ МЕДИ ОГНЕВОГО РАФИНИРОВАНИЯ

Базюк М.А. (МКМ11М)*

Донецкий национальный технический университет

Для реализации продукции из меди огневого рафинирования по международным стандартам необходимо наряду с механическими свойствами контролировать и электротехнические свойства. Так как основным потребительским свойством меди огневого рафинирования является электропроводность, то были проведены исследования на соответствие этого параметра требованиям нормативной документации.

Электросопротивление меди в первую очередь зависит от чистоты металла. Примеси и легирующие элементы уменьшают электропроводность меди. Присутствующие в некоторых марках меди огневого рафинирования Р, As, Sn, О (табл. 1) должны существенно снижать электропроводность (повышать электросопротивление) готовой электротехнической продукции.

Таблица 1 - Химический состав исследованных образцов меди огневого рафинирования производства ОАО «АЗОЦМ», % (мас.)

Марка	Cu	Bi	Sb	As	Fe	Ni	Pb	Sn	S	O	P
M3	99,50	≤ 0,003	≤ 0,01	≤ 0,005	≤ 0,03	≤ 0,2	≤ 0,04	≤ 0,05	≤ 0,01	≤ 0,05	0,005-0,03
M3p	99,50	≤ 0,003	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,03	≤ 0,2	≤ 0,03	≤ 0,05	≤ 0,01	≤ 0,01	0,005-0,060
M2	99,70	≤ 0,002	≤ 0,005	≤ 0,005	≤ 0,03	≤ 0,2	≤ 0,01	≤ 0,05	≤ 0,01	≤ 0,05	0,005-0,03
M2p	99,70	≤ 0,002	≤ 0,005	≤ 0,005	≤ 0,03	≤ 0,2	≤ 0,01	≤ 0,05	≤ 0,01	≤ 0,01	0,005-0,060
Cu-FRTP	99,90	-	≤ 0,005	-	-	≤ 0,03	≤ 0,01	≤ 0,02	-	≤ 0,02	0,005-0,015
Cu-DLP	99,90	≤ 0,005	≤ 0,003	-	-	≤ 0,02	≤ 0,005	≤ 0,005	-	≤ 0,01	0,005-0,013
Cu-DHP	99,90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,015-0,040
E – Cu 57	99,90	-	-	-	-	-	-	-	-	0,005-0,040	-

Степень снижения электропроводности определяется характером взаимодействия примесей с медью. Если элементы не образуют с медью твердых растворов, то их влияние определяется характером распределения частиц примесей, концентрацией и электропроводностью примеси. Если примеси растворены в твердой меди, то электропроводность определяется только концентрацией примеси в твердом растворе меди.

Влияние примесей на электропроводность кислородсодержащей меди отличается от той же закономерности бескислородной меди, так как многие элементы-примеси образуют с кислородом оксиды.

* Руководитель – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой ЦМиКМ Маняк Н.А.

Оксиды оказывают меньшее влияние на электропроводность, чем соответствующие элементы, находящиеся в твердом растворе. Если в кислородсодержащей меди находится избыточное количество примеси, которая полностью не окисляется, то ее влияние следует рассматривать как влияние двух составляющих: оксида и чистого элемента.

Измерения электросопротивления медных образцов (с поперечным сечением от 0,5 до 30 мм²) на приборе RESISTOMAT[®]-2318 осуществляли следующим образом. Перед измерением образцы вносили в помещение с измерительной установкой не менее, чем за 1 час до проведения измерения с таким расчетом, чтобы они в момент измерения имели температуру, равную температуре помещения.

Температуру помещения и образцов при проведении измерения поддерживали в пределах 15-30°C при относительной влажности не более 80%.

Величина удельного сопротивления (ρ) в Ом·м, приведенного к температуре 20°C, подсчитывали по формуле:

$$\rho = \frac{R_{20} \cdot m}{L^2 \cdot q}, \quad (1.1)$$

где R_{20} – измеренное электросопротивление при 20 °С, Ом; m – масса образца, кг; L – длина образца, м; q – плотность меди, кг/м³.

В проведенных исследованиях плотность медных образцов брали равной $8,89 \cdot 10^3$ кг/м³. С применением вышеописанной методики выполнили исследование величины удельного электросопротивления образцов из нескольких марок меди огневого рафинирования

Результаты измерений приведены в табл. 2.

Как видно из результатов определения удельного электросопротивления лишь марки М3, М3р и М2р уступают стандарту IACS и не могут использоваться в электротехнической промышленности.

Таблица 2 - Результаты определения удельного электросопротивления образцов из меди огневого рафинирования производства ОАО "АЗОЦМ"

Марка меди	М3	М3р	М2	М2р	Cu-FRTP	Cu-DLP	Cu-DHP	E-Cu 57
ρ , нОм·м	18,321	18,442	17,259	17,837	17,214	17,231	17,253	17,052
Относительно стандарта IACS, %	106,3	107,0	100,1	103,5	99,8	99,9	100,1	98,9

Марки М2 и Cu-DHP соответствуют этому стандарту, а потому по желанию потребителя могут быть использованы в электротехнической промышленности. Остальные марки меди огневого рафинирования (E – Cu 57, Cu-DLP, Cu-FRTP) вполне соответствуют международному стандарту IACS.

Таким образом, показано, что с помощью технологии огневого рафинирования возможно получение меди высокой степени чистоты, которая может быть использована в электротехнической промышленности как в Украине, так и за рубежом.