

## ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСЕЙ ЖЕЛЕЗА И СУРЬМЫ НА ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ МЕДИ

Х.Д.Вылчев, Д.Н.Худокормов

медь, предназначенная для электротехнических целей, содержит целый ряд примесей, по-разному влияющих на ее электропроводность. Известны работы /1,2,3/, в которых изучалась электропроводность меди в системах медь-никель-сурьма, медь-железо-мышьяк, медь-мышьяк-свинец, медь-железо-свинец. Вывод из перечисленных исследований сводится к тому, что добавки двух примесей в пределах концентраций, не превышающих границы растворимости их в меди, действуют на электропроводность последней по правилу аддитивности. Однако, когда концентрация хотя бы одной из примесей превышает предел ее растворимости в меди, правило аддитивного влияния на электропроводность нарушается.

Электротехническая медь является чрезвычайно сложной системой, состоящей из большого числа компонентов. При этом концентрация последних, за исключением меди, намного ниже тех, которые подробно исследовались. В силу указанного обстоятельства представляла интерес обработка данных по результатам измерения электропроводности меди производственных плавок, полученных на комбинате цветных металлов им. Дмитрия Генева (НРБ) и кабельном заводе им. Василия Коларова (НРБ). Всего было исследовано около 600 тонн медных проводов диаметром 1,81 и 1,76 мм.

Для изучения влияния железа и сурьмы на электропроводность меди из большого числа плавок были отобраны только те, которые содержали примерно постоянное количество висмута (0,0001%), мышьяка (0,0010%), никеля (0,0010%), олова (0,0010-0,0020%), свинца (0,0005%) и цинка (0,0010%). В этих плавках концентрация сурьмы колебалась в пределах 0,0010-0,0070% и железа от 0,0015 до 0,0060%.

Влияние примеси железа на удельное электросопротивление ( $\rho$ ) меди показано на рис. 1. Здесь приведены результаты измерения  $\rho$  меди двух партий плавок. Первая партия плавок содержит примесь сурьмы в количестве 0,0010%, а вторая - в количестве 0,0028-0,0035%. Как видно, увеличение концентрации железа существенно повышает удельное электросопротивление меди.

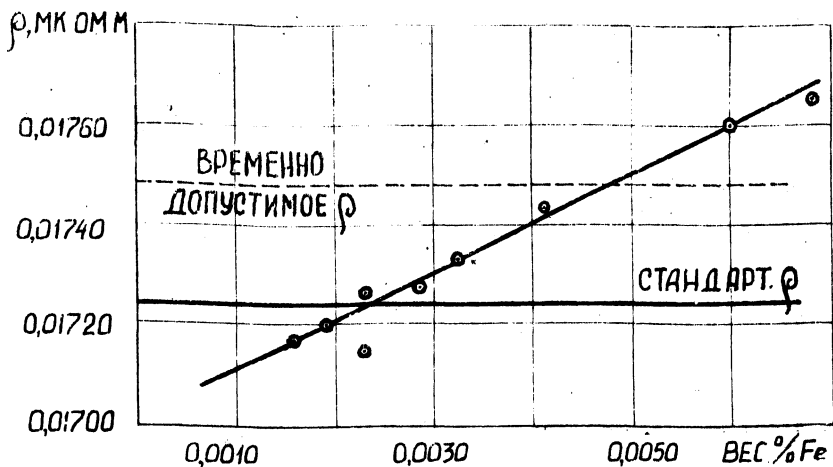


Рис. 1.

Влияние железа на удельное электросопротивление электротехнической меди.

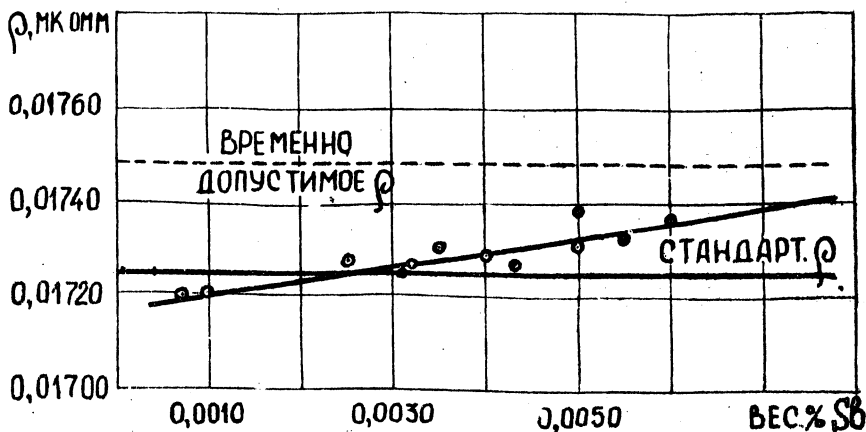


Рис. 2.

Влияние сурьмы на удельное электросопротивление электротехнической меди.

На рис. 2 показана зависимость удельного электросопротивления меди от концентрации сурьмы также в двух партиях плавки. Первая партия комплектовалась из плавки, содержащих 0,0017-0,0025% железа.

Вторая партия объединяла плавки с концентрацией 0,0026–0,0035% железа.

Из приведенных результатов следует, что увеличение содержания сурьмы в исследованных пределах повышает прямопропорционально  $\rho$  меди. Вместе с тем, каждые 0,001% железа увеличивает удельное электросопротивление меди примерно в два раза более интенсивно, чем 0,001% сурьмы.

Таким образом, проведенное исследование влияния примесей железа и сурьмы на электропроводность медных проводников болгарского производства позволяет с большой надежностью рекомендовать допустимые концентрации сурьмы в зависимости от содержания в меди железа. По существующему стандарту БДС 2059–64 медь не может содержать более 0,0020% сурьмы для марок 99,95%. При этом концентрация железа не должна превышать 0,0017%. Если принять временно допустимое стандартом значение  $\rho$ , равное 0,01748 мком·м, то результаты измерения большого числа плавов дают возможность расширить пределы содержания сурьмы до 0,0040% для приведенной марки меди, имеющей концентрацию железа до 0,0035%. Этот вывод особенно важен для практики производства меди в Болгарии, так как болгарские заводы работают на сырье, богатом сурьмой.

#### Л и т е р а т у р а

1. Röster W., Knorr W., Z. Metallkunde, Bd. 45 (1954), S. 350.
2. Hans Zargen und F. Pawlek, Erzmetall, Bd. 14 (1961), Heft 12, S. 637–640.
3. Pawlek F., Reichel K., Z. Metallkunde, Bd. 47 (1956), Heft 6, S. 347–363.
4. Kurt Dies —, „Kupfer und Kupferlegierungen in der Technik“ — Springer-Verlag — Berlin, Heidelberg, New-York, 1967.