

**ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВОЗМОЖНОСТИ
КОНТРОЛЯ ПРОЦЕНТНОГО СОДЕРЖАНИЯ СУРЬМЫ
В СВИНЦОВОЙ ОБОЛОЧКЕ КАБЕЛЯ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ**

В. К. ЖУКОВ, Р. М. ЗАКИРОВ

(Представлена научным семинаром факультета
автоматики и вычислительной техники)

В настоящее время на заводах кабельной промышленности определение процентного содержания сурьмы (Sb) в свинцовой (Pb) оболочке кабеля осуществляется химическими методами, которым присущи определенные недостатки. Недостатки этих методов в первую очередь определяются относительной сложностью анализов и их продолжительностью во времени (около 40 мин.), что не позволяет своевременно обнаруживать отклонения состава оболочки кабеля от нормы и вносить соответствующие коррективы в работу оборудования, предотвращающие выход некачественной продукции. Из сказанного ясно, что кабельной промышленности нужен прибор, позволяющий быстро определять качество сурьмы в свинцовой оболочке кабеля. Допустимое содержание сурьмы составляет $0,3 \div 0,8\%$.

На кафедре информационно-измерительной техники были проведены исследования с целью изыскания электрического метода контроля, который позволил бы быстро определять процентное содержание Sb. При этом было исследовано три наиболее приемлемых для данного случая метода: по удельному электросопротивлению, по термо-э. д. с., по температуре кристаллизации сплава.

Опыты по установлению зависимости между процентным содержанием Sb в сплаве и его удельным электрическим сопротивлением проводились на установке, схема которой изображена на рис. 1. Для опыта были изготовлены специальные образцы в виде проволоки диаметром 1 мм из исследуемых сплавов Pb—Sb с содержанием сурьмы от 0,5 до 0,8%. Электрическое сопротивление образцов определялось с помощью потенциометра Р-306 по падению напряжения на них, образующемся при пропускании тока известной величины. Образцы крепились в специальном четырехзахжимном устройстве, взятом от поверочной установки «Norma». Расстояние между потенциальными зажимами «Z»—«Z» было выбрано равным 1 м.

В результате проведенных измерений было найдено, что сопротивление проволоки длиной 1 м с содержанием сурьмы 0,5% составляет 0,26491 ом, а такой же по размерам проволоки с содержанием сурьмы 0,8%—0,26564 ом. Используя известное соотношение между сопротивлением проволоки, ее размерами и удельным электросопротивлением материала, было рассчитано удельное сопротивление сплавов. Оно полу-

чилось равным: для сплава с 0,5% Sb — $2,07955 \cdot 10^{-7}$ ом·м и для сплава с 0,8% Sb — $2,08528 \cdot 10^{-7}$ ом·м.

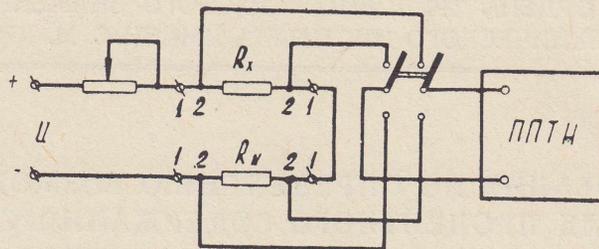


Рис. 1. Принципиальная схема установки для определения удельного сопротивления материала образца: R_x — сопротивление исследуемого образца; R_v — образцовое сопротивление на 0,0001 ом; ППТН — потенциометр постоянного тока низкоточный типа Р306, класс точности 0,015; 1—1 — токовые зажимы; 2—2 — потенциальные зажимы

Если предположить линейную зависимость между процентным содержанием сурьмы в сплаве и его удельным сопротивлением, то окажется, что изменение содержания Sb на 0,1% будет вызывать изменение удельного сопротивления на $1,15 \cdot 10^{-10}$ ом·м, т. е. примерно на 0,06%. Регистрация таких малых изменений сопротивления с высокой точностью методом вихревых токов или электроконтактным методом практически невозможна. Измерение с помощью компенсатора постоянного тока также неприемлемо, так как требует изготовления образцов в виде проволоки с точно выдержанным диаметром.

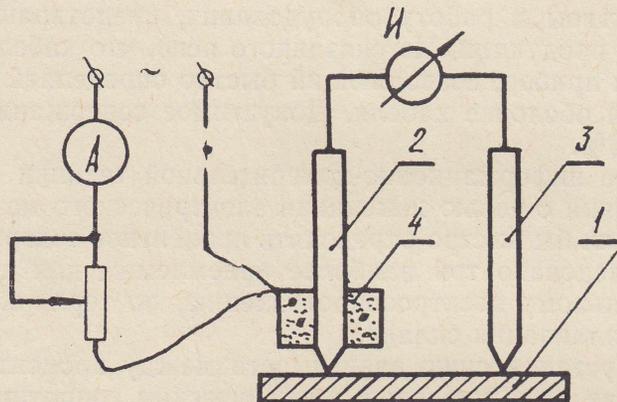


Рис. 2. Принципиальная схема установки для контроля компонентов сплава методом термо-э. д. с. 1 — образец исследуемого сплава; 2 и 3 — электроды, в паре с которыми исследуемый сплав дает большую термо-э. д. с.; 4 — миниатюрная печь, служащая для нагрева места соединения электрода 2 и сплава 1; И — регистрирующий прибор

Известно, что некоторые сплавы в контакте с определенными материалами при нагревании дают термо-э. д. с., величина которой зависит от состава сплава. Это явление может быть положено в основу при разработке прибора для экспресс-контроля состава таких сплавов. С целью выяснения наличия указанной зависимости у сплава Pb—Sb были проделаны соответствующие эксперименты. Эксперименты проводились на установке (рис. 2), состоящей из 2-х копелевых стержней диаметром

3,2 мм, миниатюрной электропечи, автоматического потенциометра ЭПД-12 с термопарой, гальванометра М195. Один из электродов нагревался электропечью, а другой находился при температуре окружающего воздуха. При установке электродов на образец места контактов оказывались при разных температурах и на концах копелевых стержней появлялась э. д. с. Величина этой термо-э. д. с. зависит от многих факторов, в том числе и от состава контактирующих материалов. Нас в данном случае интересовала зависимость ее от состава материала исследуемых образцов, имевших форму пластин. Чтобы температура горячего контакта в процессе эксперимента не изменялась с помощью потенциометра ЭПД-12 и термопары, осуществлялась стабилизация температуры внутри печи. Копелевые стержни для опытов брались двух видов: с тупым концом и с заостренным концом. При установке стержней с заостренным концом на свинцовую пластинку происходило разрушение поверхностной окисной пленки образца и она не участвовала в образовании термо-э. д. с. Когда же на пластинку устанавливались стержни с тупыми концами, то окисная пленка не разрушалась и, следовательно, влияла на результат эксперимента.

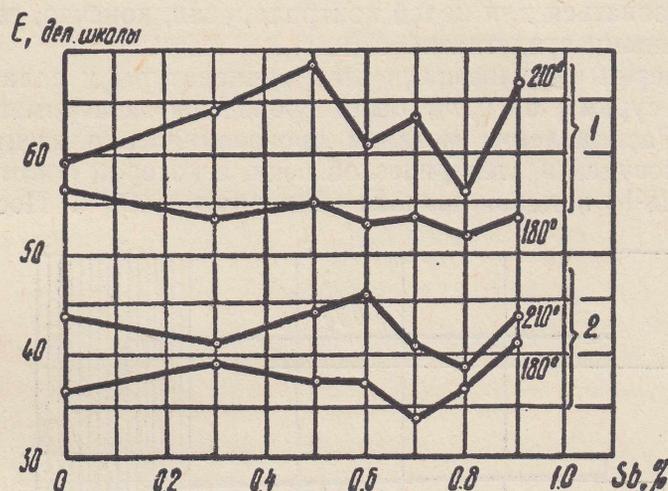


Рис. 3. Термо-э. д. с. копелевого стержня в паре со сплавом при различных процентных содержаниях: 1 — плоский контакт; 2 — точечный контакт

Полученные в результате эксперимента данные представлены графически на рис. 3. Из вида полученных графиков можно заключить, что какой-либо однозначной функциональной зависимости между процентным содержанием сурьмы в сплавах Pb—Sb (при малых содержаниях сурьмы) и величиной термо-э. д. с. не наблюдается.

Температура начала кристаллизации сплавов при их охлаждении зависит от процентного содержания образующих его компонент. На рис. 4 представлена диаграмма состояний системы сплавов Pb—Sb. Эта диаграмма носит название диаграммы затвердевания. При любых соотношениях между свинцом и сурьмой их сплав при переходе из жидкого состояния в твердое имеет две критические температуры: 1-ю при переходе линии ликвидуса (линия АОВ), соответствующую началу процесса кристаллизации, и 2-ю — при переходе линии солидуса (линия СОД), соответствующую окончанию процесса кристаллизации. Значение 1-й критической температуры зависит от состава сплава и, следовательно,

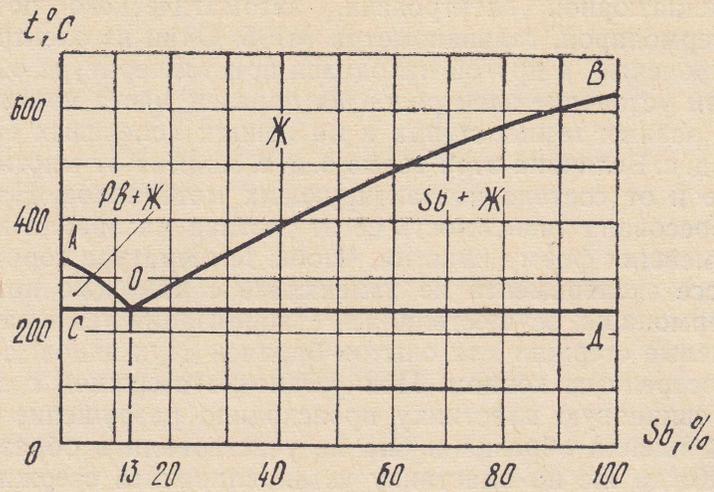


Рис. 4. Диаграмма состояний системы сплавов Pb—Sb

может использоваться для целей контроля, если, конечно, ее удастся замечать доступными средствами.

Для проверки выявляемости этой температуры у сплава Pb—Sb с содержанием сурьмы $0 \div 0,9\%$ были проведены экспериментальные исследования. Расплавление металла производилось в специальных металлических сосудах в электрической печи, в которой с помощью потенциометра ЭПД-12 поддерживалась температура 400°C . После того, как

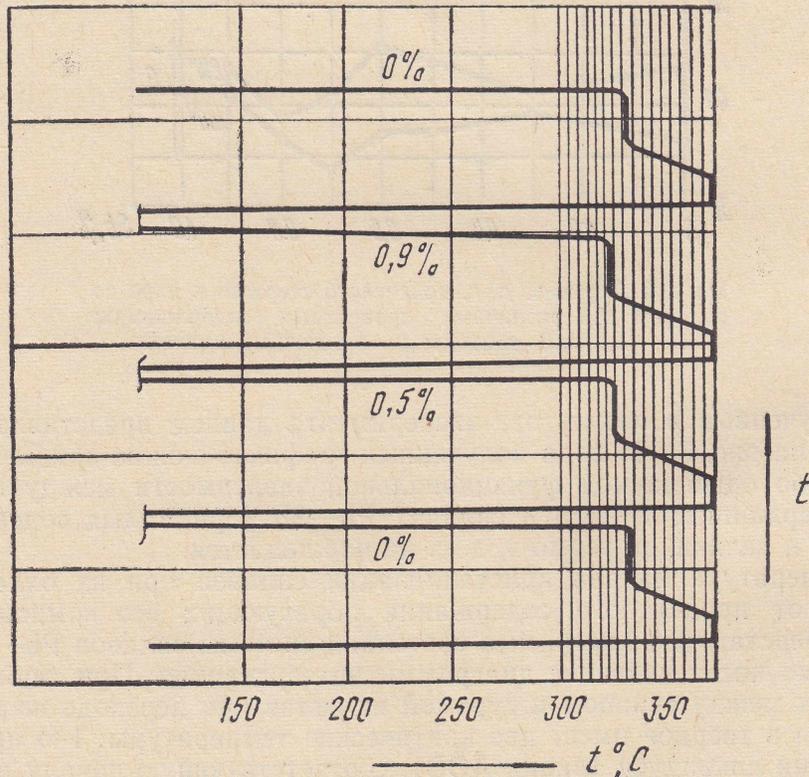


Рис. 5. Кривые охлаждения сплавов Pb—Sb, полученные на диаграммной бумаге автоматического потенциометра ПСИ-02

металл расплавлялся, ему давали возможность охладиться. Температура остывающего сплава регистрировалась автоматическим потенциометром ПС1-02 с помощью термопары ХК (хромель-копель). При этом было замечено, что в момент начала кристаллизации температура сплава некоторый промежуток времени остается неизменной, чему соответствует характерная полочка кривой охлаждения, записанной на диаграммной бумаге автокомпенсатора. Записывая кривые охлаждения для сплавов с различным процентным содержанием сурьмы, было установлено, что положение полки на кривой охлаждения зависит от процентного содержания сурьмы. На рис. 5 представлена часть диаграммной ленты с записью кривых охлаждения сплавов с содержанием сурьмы 0, 0,5 и 0,9%. Анализ этих кривых, а также других данных эксперимента позволяет сделать заключение о возможности контроля процентного содержания сурьмы в сплаве Pb—Sb по температуре начала кристаллизации сплава. Для этого можно использовать автоматический потенциометр, измерительная схема которого переделана на заданный диапазон изменения э. д. с. термопары. Один из вариантов подобного прибора описан в работе [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. П. Д. Корж и др. Термоэлектрический метод определения сурьмы в свинцово-сурьмянистых сплавах. Заводская лаборатория, № 3, стр. 289, 1963.
2. В. К. Жуков, Р. М. Закиров, В. А. Никулин. Измерение процентного содержания сурьмы в свинцовой оболочке кабеля по температуре кристаллизации сплава. Настоящий сборник.