

*бакалавр Григорьев С.В.,
инженер Рusanова Н.В.,
к.т.н. доц. Еришов В.М.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ СОРТИРОВКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТАЛЕЙ

Приведені результати застосування методу термоЕДС для сортування по марках промислових сталей і сплавів. Запропоновані варіанти електродів для оптимального сортування металевих матеріалів.

Проблема и ее связь с практическими задачами.

В практике работы заводских складов металлопродукции часто возникает проблема сортировки сталей по маркам. Существует несколько проверенных опытом приемов сортировки.

Самым простым методом определения марки стали является метод «искр», в котором специалист оценивает цвет и сроение искр при шлифовании материала абразивным кругом, а наиболее сложным методом контроля сталей на складе является спектрографический способ, он применяется весьма ограниченно из-за необходимости высокой квалификации обслуживающего персонала.

В последние годы на заводах стали применять разнообразные физические методы сортировки (магнитные, токовихревые и т.д.), среди которых выделяется термоэлектрический способ, обладающий простотой используемого оборудования и весьма надежными результатами.

Анализ исследований и публикаций.

Известно [1-4], что основой метода термоЭДС является эффект Зеебека, т.е. явление возникновения разности потенциалов между горячим и холодным электродами, прижатым к поверхности исследуемого металла. В зависимости от природы материала электродов и их температурного режима, значения термоЭДС могут изменяться в весьма широких пределах. Все химические элементы, используемые для изготовления электродов, образуют известный ряд металлов: Si. Sb. Fe. Mo. Cd. W. Au. Ag. Cu. Zn. Ta. Sn. Pt. Mg. Al. C. K. Ni. Co. Bi. Здесь каждый последующий в ряде металл отрицателен по отношению к предыдущему.

Исследуемый металл, составляющий вторую составляющую конструкту термоэлектрической пары, также содержит в своем составе ряд хи-

мических элементов различной термоЭДС, поэтому замер разности потенциалов между горячим и холодным электродами и легированной сталью, может дать интегральное значение ЭДС, характеризующее определенную марку стали или сплава [1,2].

Среди разнообразных комбинаций электродов, применяемых для сортировки сталей, наиболее часто используют чистые металлы из различных участков термоэлектрического ряда.

Постановка задачи.

Основной задачей настоящего исследования является поиск оптимальных материалов для электродов термоэлектрического контроля сталей с целью их сортировки по маркам.

Изложение материала и его результаты.

Для проведения контроля термоЭДС разнообразных сталей использовали специализированный прибор «ТЭДИ-1» конструкции В.М. Ершова. Внешний вид прибора представлен на рисунке 1.

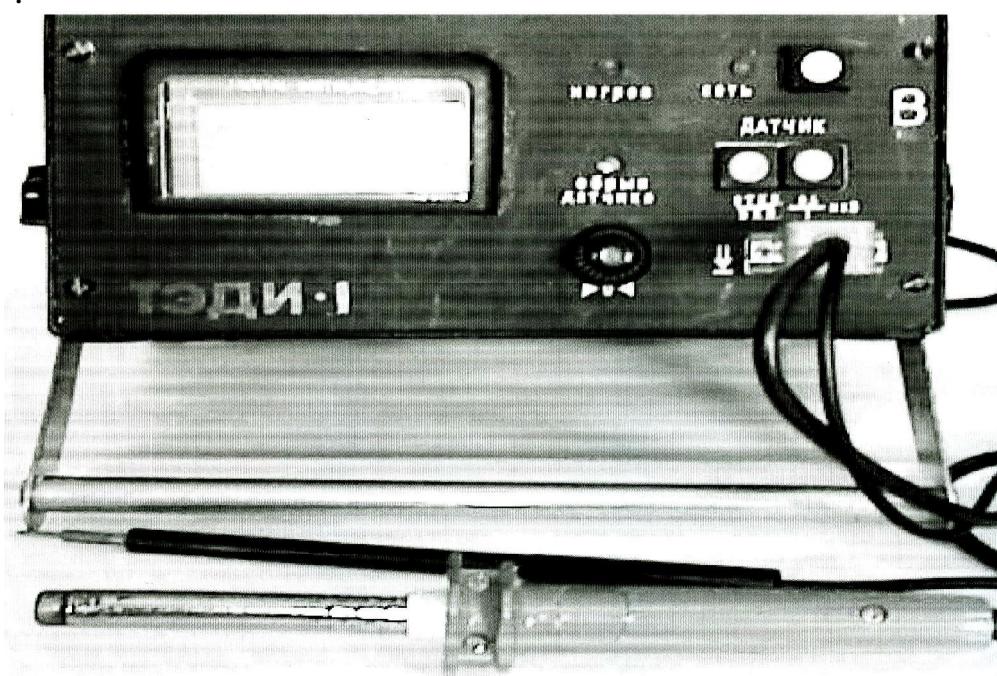


Рисунок 1 – Лицевая панель с цифровым табло
и электроды прибора «ТЭДИ – 1»

Для контроля термоЭДС были выбраны электроды из различных участков термоэлектрического ряда: железо (менее 0.04% С) – самый левый элемент ряда; медь, как элемент, расположенный в средине ряда; вольфрам и латунь Л68 – металлы и сплав, располагающиеся по соседству с медью и никель – самый правый элемент ряда.

Исследуемые материалы включали в себя углеродистые и легированные стали, химический состав которых соответствовал ГОСТам.

Таблица 1 - Значения термоЭДС ($E_{100, \text{мВ}}$) для различных сталей при использовании электродов из железа, меди, вольфрама и никеля

Марка стали	ТермоЭДС для электродов из металлов				
	Железо	Медь	Вольфрам	Латунь	Никель
Сталь 20	+0.578	+0.420	+0.373	+0.244	- 0.498
Сталь 40	+0.499	+0.348	+0.317	+0.211	- 0.473
Сталь У8	+0.387	+0.204	+0.202	+0.119	- 0.505
Сталь У10	+0.339	+0.124	+0.160	+0.057	- 0.540
65Г	+0.377	+0.177	+0.172	+0.062	- 0.572
5ХНМ	+0.305	+0.087	+0.102	+0.038	- 0.554
ШХ15	+0.443	+0.270	+0.273	+0.176	- 0.507
ШХ15СГ	+0.274	+0.039	+0.072	- 0.008	- 0.600
9ХС	+0.076	- 0.285	- 0.200	- 0.280	- 0.707
60С2	- 0.006	- 0.347	- 0.247	- 0.339	- 0.803
30ХГСА	+0.154	- 0.090	- 0.043	- 0.118	- 0.635
X12M	+0.526	+0.464	+0.440	+0.350	- 0.194
95Х18	+0.571	+0.596	+0.515	+0.439	- 0.097
40Х13	+0.502	+0.447	+0.397	+0.344	- 0.264
X12Ф1	+0.581	+0.576	+0.471	+0.433	- 0.123
ХВГ	+0.393	+0.227	+0.205	+0.110	- 0.515
08Х17Т	+0.348	+0.242	+0.218	+0.154	- 0.282
14Х17Н2	+0.459	+0.418	+0.364	+0.301	- 0.241
15Х25Т	+0.207	+0.065	+0.056	+0.003	- 0.397
20Х2Н4А	+0.132	- 0.155	- 0.065	- 0.168	- 0.645
03Н18К9М5Т	+0.102	- 0.098	- 0.049	- 0.117	- 0.514
12Х18Н9Т	- 0.015	- 0.225	- 0.177	- 0.245	- 0.584
P9	+0.561	+0.451	+0.433	+0.356	- 0.195
P18	+0.347	+0.233	+0.196	+0.144	- 0.341
P6М5	+0.565	+0.547	+0.458	+0.370	- 0.186
РОМ2Ф3	+0.597	+0.622	+0.528	+0.454	- 0.158

Плоские образцы всех исследуемых сталей проходили стандартный отжиг и механическую шлифовку, Для каждой марки стали использовали 3 образца, вырезанных из различных участков прутка.

Измерительный прибор «ТЭДИ-1» работал при разности температуры между горячим и холодным электродами в 100°C , эта величина поддерживалась электронным блоком прибора в пределах $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$.

На каждом образце сплава производилось по 5 замеров, а полученный результат усреднялся по всем 3 образцам. Суммарный разброс значений ЭДС не превышал 1-1.5% от средних величин.

Результаты измерения термоЭДС сталей, для случая использования различных электродов, приведены в таблице 1.

Здесь видно, что стали, содержащие в своем составе повышенное количество кремния (9ХС, 60С2, 30ХГСА) дают не только сильно различающиеся значения E_{100} , но и характеризуются отрицательным знаком. У углеродистых сталей хорошо прослеживается зависимость E_{100} от содержания углерода, что делает возможным их сортировку.

Сложнее обстоят дела у хромистых сталей, где для всех электродов значения $E_{100, \text{мВ}}$ положительны и часто имеют малую разницу в значениях ЭДС. Только никель, использованный в качестве электрода, дал отрицательные значения $E_{100, \text{мВ}}$ для всех исследованных сталей. Это объясняется крайним левым положением элемента в термоэлектрическом ряду.

Хорошо различаются по термоЭДС шарикоподшипниковые стали ШХ15 и ШХ15СГ, что несомненно связано с повышенным количеством кремния в стали ШХ15СГ, влияние которого примерно в 5 раз превосходит действие углерода (по Лухвичу А.А. и Ширандо В.И. [4,5]).

Если сравнивать зависимость показаний $E_{100, \text{мВ}}$ для различных электродов по отношению, например, к железу, для всех анализируемых сталей, то получается линейная функция, представленная на рисунке 2.

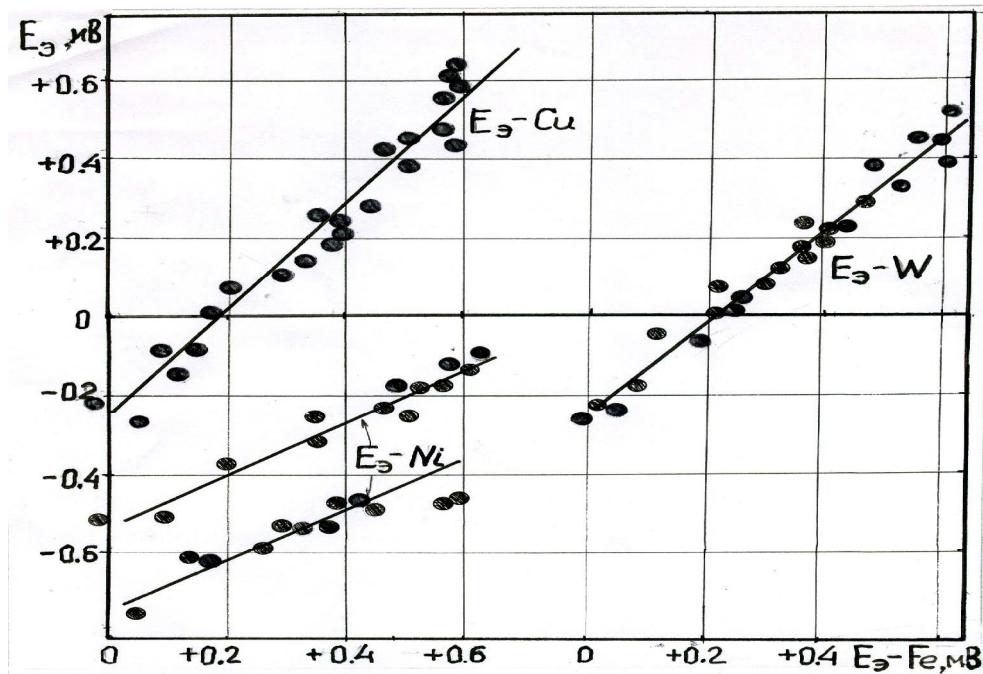


Рисунок 2 – Зависимость значений термоЭДС сталей (E_θ) для различных электродов, по отношению к термоЭДС железного электрода (E_{Fe})

Если для электродов из меди и вольфрама проявилась одинарная линия зависимости, то для никеля она оказалась двойной. Эти линии взаимно параллельны и смещены одна относительно другой на постоянную величину $E_{Ni} \setminus E_{Fe}$. Причина этого явления пока не ясна.

Сопоставляя между собой значения термоЭДС для сталей (см. табл.1), можно видеть, что у некоторых сталей различной легированности значения ЭДС весьма близки. Значит, такие стали сортировать нельзя (Р6М5 – Р9). Представляет интерес, в связи с этим, определение разницы в значениях термоЭДС сталей с близкими значениями фиксируемого параметра для различных электродов (таблица 2).

Таблица 2 – Различие в значениях E_{100} (по модулю) пар сталей, подлежащих сортировке

Пара марок сталей, у которых сравнивается значение термоЭДС	Значения ΔE_{100} по модулю для сталей при использовании различных электродов				
	Железо	Медь	Вольфрам	Латунь	Никель
40Х13 – Х12М	0.024	0.014	0.043	0.006	0.070
Р6М5 – Р9	0.004	0.086	0.025	0.014	0.009
12Х18Н9Т – 03Н18К9М5Т	0.117	0.127	0.128	0.128	0.067
Р18 – 08Х17Т	0.001	0.009	0.022	0.010	0.059
95Х18 – 08Х17Т	0.223	0.354	0.297	0.285	0.185
У8 – 65Г	0.010	0.027	0.030	0.057	0.067
60С2 – 9ХС	0.082	0.062	0.047	0.059	0.027
Х12М – 95Х18	0.045	0.145	0.076	0.089	0.097
08Х17Т – 15Х25Т	0.141	0.177	0.162	0.151	0.115
30ХГС – 60С2	0.160	0.257	0.204	0.221	0.158
Р6М5 – РОМ2Ф3	0.032	0.076	0.070	0.084	0/028
ШХ15 – ШХ15СГ	0.269	0.231	0.201	0.184	0.093

Из таблицы 2 следует, что малые значения разницы в ЭДС для одного электрода сохраняются и для других. Так, разница в термоЭДС менее 0.025 -0.030 мВ практически лишает метод в проведении сортировки по маркам.

Таким образом, термоэлектрический метод позволяет производить сортировку сталей по маркам, за исключением тех случаев, когда значения термоЭДС у пары сталей оказываются весьма близким. Для проведения сортировки крайне необходимы эталонные образцы с известным химическим составом.

Выводы и направления дальнейших исследований.

Показана возможность сортировки сталей по маркам с помощью термоэлектрического метода. Указаны ограничения применимости метода. Лучшими электродами для сортировки следует признать медь и вольфрам.

Задачей дальнейших исследований является анализ аномального поведении никелевого электрода для ряда сталей.

Приведены результаты применения метода термоЭДС для сортировки по маркам промышленных сталей и сплавов. Предложены варианты электродов для оптимальной сортировки металлических материалов.

The results of application of method of termoEDS are resulted for sorting on the brands of industrial staley and alloys. The variants of electrodes for the optimum sorting of metallic materials are offered.

Библиографический список

1. Белокур И.П., Коваленко В.А. Дефектоскопии материалов и изделий. – К.: Техника. 1989г, с. 192.
2. Денель А.К. Дефектоскопия металлов. – М.: Металлургия. 1972 г., с.304.
3. Денель А.К. Термоэлектрическая дефектоскопия. « Машиностроитель, 1968, №12. С 26.
4. Каролик А.С., Лухвич А.А.К вопросу об оценке изменения термоЭДС при термоэлектрическом контроле химического состава. Дефектоскопия. 1990, № 10, с. 47.
5. Лухвич А.А., Ширандо В.И. ТермоЭДС сплавов железа с кремнием, углеродом и марганцем при температурах 20 – 350 град Ц. «Физика металлов и металловедение» 1986, том 61, выпуск 3, с. 519.

Рекомендовано к печати д.т.н., проф. Луценко В.А.