

Тополянский П.А., Шемонаев Л.Ф. Исследование токосъемных алюминиевых шин с электропроводящими покрытиями, нанесенными методами газопламенного напыления// Технологии ремонта, восстановления, упрочнения и обновления машин, механизмов, оборудования и металлоконструкций. Материалы 5-й Международной практической конференции-выставки 8-10 апреля 2003 г. Санкт-Петербург. Изд. СПбГПУ, 2003, С. 107-112

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТОКОСЪЕМНЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ ШИН С ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИМИ ПОКРЫТИЯМИ, НАНЕСЕННЫМИ МЕТОДОМ ГАЗОПЛАМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ**

ТОПОЛЯНСКИЙ П.А., ШЕМОНАЕВ Л.Ф.

НПФ «Плазмацентр», Россия, Санкт-Петербург

Проводились испытания макетов алюминиевых токосъемных шин вводов "воздух-элегаз" с различными покрытиями, нанесенными методом газопламенного напыления. Данный процесс характеризуется возможностью локального нанесения покрытий на заданные поверхности в любых монтажных условиях.

При испытаниях измерялось сопротивление контактных соединений в процессе циклического нагревания контактов и под воздействием климатических факторов.

На испытания были представлены четыре алюминиевые шины шириной 81,5 мм, толщиной 20 мм, длиной 1500 мм, контактные площадки которых имели следующие покрытия: медное (№1), бронзовое (№11), интерметаллидное NiAl (№3) и никелевое (№4).

При испытании на нагрев каждая исследуемая шина с покрытием соединялась с подводными ток медными шинами сечением (10x100) мм<sup>2</sup> длиной 1500 мм с отверстиями Ø13 мм, расположенными по квадрату (45x45) мм (рис. 1). Перед испытаниями на нагрев контактная площадка медной шины зачищалась наждачной бумагой, а поверхность контактной площадки шин с покрытиями протиралась бензином. Макет соединялся с подводными шинами болтами М12. Под головку болта устанавливалась простая шайба 12, под гайку пружинная шайба 12 и простая шайба 12.

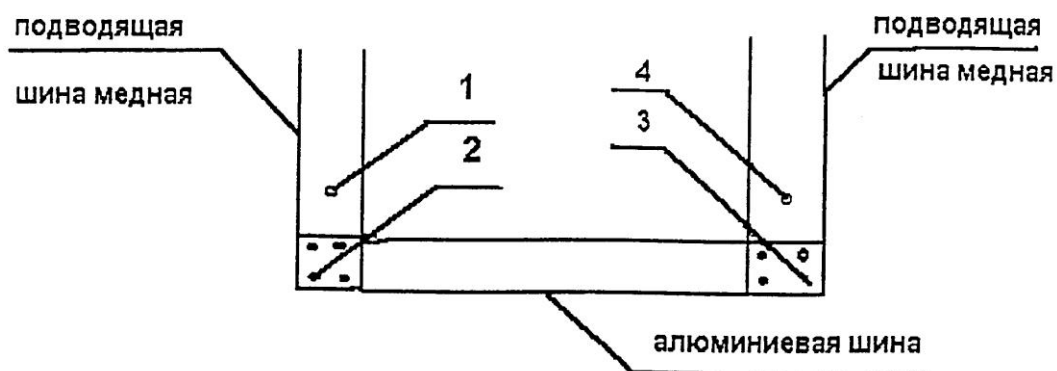


Рис. 1. Схема подключения при испытаниях на нагрев

При измерении сопротивления контактных соединений при испытаниях на устойчивость к воздействию климатических факторов внешней среды объект испытания состоял из медной шины сечением  $(10 \times 100) \text{ мм}^2$ , длиной 850 мм с четырьмя отверстиями  $\text{Ø}13 \text{ мм}$ , расположенными по квадрату  $(45 \times 45) \text{ мм}$ , к которой крепились четыре контактные площадки (образцы), отрезанные от макетов (алюминиевых шин с контактными площадками с покрытиями, указанными выше), испытанных на нагрев (рис. 2).

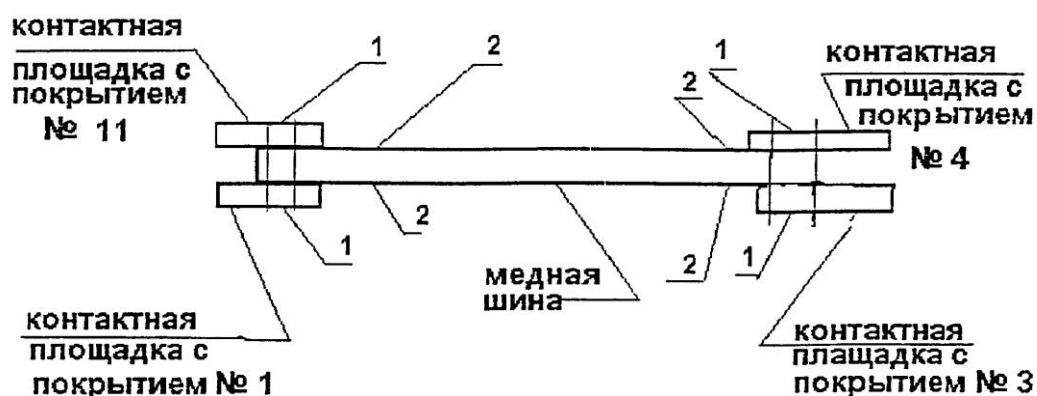


Рис. 2. Схема подключения при климатических испытаниях

При сборке был использован тот же крепеж, поверхность площадок обрабатывалась так же, как при испытаниях макетов на нагрев.

Остальные четыре площадки, отсоединенные от макета при климатических испытаниях, помещались в камеры вместе с испытуемым объектом для сравнительного анализа внешнего вида.

Программа испытаний на нагрев состояла из:

- ◆ измерения сопротивления контактного соединения макет-подводящая шина;

- ◆ проведения по пять циклов испытаний на нагрев в продолжительном режиме каждого макета (каждый цикл испытаний состоит из нагревания до получения установившейся температуры, последующем нагреве в течение 3-х часов и естественном охлаждении до окружающей температуры);
- ◆ измерения сопротивления контактного соединения каждого макета с подводящей шиной после окончания пяти циклов испытаний на нагрев.

Методика испытания на нагрев определялась ГОСТ 8024-90. Сопротивление контактных соединений измерялись методом вольтметра и амперметра при протекании постоянного тока, равного 100 А. Превышения температуры измерялись методом термопары с помощью термопар хромель-копель и потенциометра типа ПП-63.

Измерение сопротивления контактных соединений производились до и после испытаний на нагрев. Точки подсоединения потенциальных концов при измерении сопротивления указаны в табл. 1 и на рис. 1.

Из табл. 1 следует, что наиболее стабильное сопротивление имеет контактное соединение алюминиевая шина с покрытием никелем.

Испытания на нагрев проводились при протекании тока, равного 2000 А. Из результатов испытаний следует:

- средние превышения температуры за 5 циклов нагрева на контактных площадках с покрытием № 4 и № 3 отличаются мало, максимум на 1,2°C.
- средние превышения температуры на контактных площадках с покрытиями № 1 и № 11 отличаются от средних превышений температуры на контактных площадках с покрытиями № 4 и № 3 максимум на 8,4°C.
- перед испытаниями на нагрев контактных соединений образцов с покрытиями № 1 и № 11 сопротивление выше, чем после испытаний, причем на соединении с покрытием № 1 этот эффект выражен меньше.
- превышение температуры при повторных испытаниях всех образцов, кроме образца с покрытием № 1, изменились на  $\pm 1,5^\circ\text{C}$ , превышения температуры образца с покрытием № 1 увеличилось на 4,4°C.

Таким образом, контактная площадка, имеющая медное покрытие имеет самое низкое превышение температуры, но сопротивление контактного соединения алюминиевой шины с медным покрытием - подводящая шина (медная) - нестабильно.

Измерение сопротивления контактных соединений после климатических испытаний производились до помещения контактных

соединений в камеру холода и после извлечения из камеры холода и влаги. Точки подсоединения потенциальных концов указаны в табл. 2 и на рис. 2.

Из результатов испытаний следует, что наименьшее изменение сопротивления контактного соединения имеют соединения с покрытием № 11–1,3 мкОм и № 4 – 3,6 мкОм.

Программа испытаний на устойчивость к воздействию климатических факторов внешней среды состояла из:

- помещения поочередно в камеру холода и в камеру влаги испытуемого объекта, состоящего из медной шины и контактных площадок, предварительно измерив сопротивление контактных соединений (одновременно в камеры помещаются и отдельные образцы);
- измерения после каждого вида климатических испытаний сопротивления контактных соединений испытуемого объекта;
- осмотра после всех испытаний разобранных испытуемых объектов его контактные площадки, а также контактных площадок образцов, помещенных в камеру отдельно.

Испытания на устойчивость к воздействию климатических факторов внешней среды проводились по ГОСТ 16962.1 на воздействие нижнего значения температуры среды при эксплуатации, транспортировании и хранении. Испытуемый объект (рис. 2) и отдельно контактные площадки (образцы) с различными покрытиями (№ 1; № 11; № 3 и № 4) помещались в камеру холода, температура в которой устанавливалась минус 45°С и минус 50°С. При каждой температуре испытуемый объект и образцы выдерживались в течение 6 часов. После окончания выдержки испытуемый объект и образцы извлекались из камеры, и проводилось измерение сопротивления контактных соединений.

При испытании на воздействие влажности воздуха испытуемый объект и образцы помещались в камеру влаги и подвергались последовательному воздействию 6-и непрерывно следующих друг за другом циклов. Продолжительность каждого цикла 24 часа.

В первой части цикла температура в камере установилась равной плюс (40±2)°С при относительной влажности воздуха в камере (95±3)%. Образцы и испытуемый объект в этих условиях выдерживались в течение 16 часов.

Во второй части цикла камера охлаждалась до температуры плюс 35°С при относительной влажности воздуха в камере (94-100)% и в этих условиях образцы и испытуемый объект выдерживались в течение 8 часов.

После окончания испытаний на воздействие влажности воздуха образцы и испытуемый объект извлекались из камеры влаги и выдерживались в нормальных условиях в течение 6 часов, после чего проводился их внешний осмотр.

При внешнем осмотре не обнаружено никаких изменений.

Таким образом, по результатам испытаний токосъемных шин вводов «воздух-элегаз» можно рекомендовать использовать процесс локального газопламенного напыления никелевых покрытий. Данный процесс также может быть использован для повышения надежности разборных контактных соединений и снижения потерь электроэнергии в токопроводах агрегатов электрохимических производств и других шинопроводах промышленного электроснабжения.

Таблица 1. Сопротивление контактов с покрытиями

Номер образца и покрытие	№ 4 покрытие никелевое				№1 и №11 покрытие медное** и бронзовое*				№ 3 покрытие NiAl			
	До испытаний	После 5-ти циклов	Перед повторным испытанием	После испытаний	До испытаний	После 5-ти циклов	Перед повторным испытанием	После испытаний	До испытаний	После 5-ти циклов	Перед повторным испытанием	После испытаний
1-2	3,4	4,2	4,4	3,6	6,9*	3,8*	7,4*	3,2*	3,6	4,0	5,3	4,3
2-3	33,7	33,5	33,8	34,1	35,2	35,4	35,7	36,3	35,2	35,4	35,6	36,1
3-4	3,9	5,0	4,3	4,2	5,5**	3,5**	5,8**	3,4**	4,6	6,2	7,3	6,6
1-4	40,8	43,2	42,6	41,5	47,9	42,7	48,9	42,5	43,8	45,6	48,2	47,8

Таблица 2. Сопротивление контактных соединений, мкОм

№ образца	покрытие-никель №4	покрытие-медь №1	покрытие-бронза №11	покрытие-NiAl №3
Место подсоединения потенциальных концов	1-2			
Перед помещением в камеры холода	6	11,6	6,4	9,4
После камеры холода	7,5	7,3	6,1	10,7
После камеры влаги	9,6	9,5	7,4	14,2