

---

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

---



НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
СТАНДАРТ  
РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р  
ИСО 12988-2—  
2017

---

# МАТЕРИАЛЫ УГЛЕРОДНЫЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЯ

Обожженные аноды.  
Определение реакционной способности  
с диоксидом углерода

Часть 2

Термогравиметрический метод

(ISO 12988-2:2004, IDT)

Издание официальное



Москва  
Стандартинформ  
2017

## Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Открытым акционерным обществом «Уральский электродный институт» (ОАО «Уралэлектродин») на основе собственного перевода на русский язык указанного в пункте 4 стандарта

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 109 «Электродная продукция».

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 сентября 2017 г. № 1073-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 12988-2:2004 «Материалы углеродные для производства алюминия. Обоженные аноды. Определение реакционной способности с диоксидом углерода. Часть 2. Термогравиметрический метод» (ISO 12988-2:2004 «Carbonaceous materials used in the production of aluminium — Baked anodes — Determination of the reactivity to carbon dioxide — Part 2: Thermogravimetric method», IDT).

Международный стандарт ИСО 12988-2 был подготовлен Техническим комитетом ISO/TC 47 «Химия», подкомитетом SC 7 «Оксид алюминия, криолит, алюминия фторид, натрия фторид, углеродные изделия для алюминиевой промышленности».

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им национальные стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

## 5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет ([www.gost.ru](http://www.gost.ru))*

© Стандартиформ, 2017

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

**Содержание**

1 Область применения . . . . .	1
2 Нормативные ссылки . . . . .	1
3 Термины и определения . . . . .	1
4 Сущность метода . . . . .	2
5 Аппаратура . . . . .	2
6 Реактивы . . . . .	5
7 Отбор образцов . . . . .	5
8 Калибровка . . . . .	5
9 Проведение анализа . . . . .	6
10 Обработка результатов . . . . .	7
11 Прецизионность и погрешность . . . . .	7
12 Протокол испытаний . . . . .	9
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам . . . . .	10
Библиография . . . . .	11

## Введение

Углеродные материалы при повышенных температурах реагируют с диоксидом углерода, что приводит к нежелательным потерям, которые должны быть сведены к минимуму во многих промышленных процессах.

Взаимодействие углеродных материалов с диоксидом углерода приводит к осыпаемости анодов в результате избирательного взаимодействия с коксом связующего, что делает эту часть углерод недоступной для первичной реакции и снижению эффективности работы алюминиевых электролизеров.

Сравнение углеродных материалов по реакционной способности с диоксидом углерода важно при выборе сырья для производства электродов и используется для прогнозирования их поведения при эксплуатации в алюминиевых электролизерах при производстве алюминия.

Реакционную способность углеродных материалов с диоксидом углерода изучают и в исследовательских целях по повышению эффективности работы электролизеров.

ИСО 12988 состоит из двух частей под общим названием «Углеродные материалы для производства алюминия. Обожженные аноды. Определение реакционной способности с диоксидом углерода»:

Часть 1. Метод потери массы.

Часть 2. Термогравиметрический метод. Эта часть ИСО 12988 основана на ASTM D 6558-00.

## МАТЕРИАЛЫ УГЛЕРОДНЫЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЯ

Обоженные аноды. Определение реакционной способности с диоксидом углерода

## Часть 2

## Термогравиметрический метод

Carbonaceous materials used in the production of aluminium. Baked anodes.  
Determination of the reactivity to carbon dioxide. Part 2. Thermogravimetric method

Дата введения — 2018—08—01

**Предупреждение** — Этот стандарт включает использование опасных материалов, операций и оборудования. В данном стандарте не предусмотрены все меры для безопасности работы, связанные с его использованием. Пользователи стандарта до начала работы должны установить требования безопасности и охраны здоровья, предусмотренные соответствующими нормативными документами и утвержденные в установленном порядке.

## 1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на обоженные аноды, используемые в производстве алюминия и позволяет с использованием термогравиметрического анализа (ТГА) определять реакционную способность с диоксидом углерода. Для этих целей могут быть использованы многие виды оборудования при различных термических условиях. Настоящий метод стандартизирует размеры образца, скорость реакции, температуру и обеспечивает математический метод корреляции результатов, полученных на разных типах оборудования.

## 2 Нормативные ссылки

Для применения данного документа обязательны следующие нормативные документы. Для датированных ссылок применяется только указанное издание. Для недатированных ссылок применяется последнее издание указанного документа (включая все изменения).

ASTM E 691-99, Standard Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method (Стандартная практика проведения межлабораторных исследований для определения прецизионности метода испытания)

## 3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **осыпаемость**,  $\alpha_{\text{RCD}}$  (dusting): Количество образовавшихся во время испытания свободных частиц углерода, падающих с образца в емкость для сбора частиц в нижней части реакционной камеры.

3.2 **конечная реакционная способность с диоксидом углерода**,  $\alpha_{\text{RCf}}$  (final carbon dioxide reactivity): Скорость уменьшения массы образца при взаимодействии диоксида углерода с углеродом анода в течение заключительных 30 мин подачи диоксида углерода в реакционную камеру, деленная на начальную площадь поверхности образца.

**Примечание** — Конечная реакционная способность в среде диоксида углерода выражается в миллиграммах на квадратный сантиметр в час.

**3.3 начальная реакционная способность с диоксидом углерода,  $\alpha_{RCI}$**  (initial carbon dioxide reactivity): Скорость уменьшения массы образца при взаимодействии диоксида углерода с углеродом анода в течение первых 30 мин подачи диоксида углерода в реакционную камеру, деленная на начальную площадь поверхности образца.

**Примечание** — Начальная реакционная способность с диоксидом углерода выражается в миллиграммах на квадратный сантиметр в час.

**3.4 общая реакционная способность с диоксидом углерода,  $\alpha_{RCt}$**  (total carbon dioxide reactivity): Скорость уменьшения массы образца при взаимодействии диоксида углерода с углеродом анода (включая осыпаемость) в течение всего времени подачи диоксида углерода в реакционную камеру (420 мин), деленная на начальную площадь поверхности образца.

**Примечание** — Общая реакционная способность в среде диоксида углерода выражается в миллиграммах на квадратный сантиметр в час.

## 4 Сущность метода

Метод основан на определении потери массы цилиндрического образца, который нагревают в изотермических условиях в течение определенного времени при пропускании диоксида углерода с постоянной скоростью вокруг цилиндрического образца. Реакционную способность с диоксидом углерода определяют путем постоянного контроля за потерей массы образца. Осыпаемость на воздухе определяют путем сбора и измерения массы частиц углерода, которые отпадают от образца во время реакции в результате селективного окисления связующего в образце.

## 5 Аппаратура

Для определения реакционной способности обожженных образцов могут быть использованы многие виды стандартного оборудования, в том числе и достаточно простые. Главным критерием является соблюдение условий проведения термогравиметрического метода, описанных далее. Схема типичной установки для определения реакционной способности обожженных образцов термогравиметрическим методом представлена на рисунке 1.

**5.1 Печь и контроллер температуры**, обеспечивающие однородное распределение температуры в пределах  $\pm 2$  °C в реакционной зоне длиной 100 мм, в которой по центру расположен испытуемый образец.

Печь содержит нагревательные элементы, расположенные в трех зонах, и связанные с ними элементы управления. Могут быть использованы нагреватели в виде обмотки или стержней.

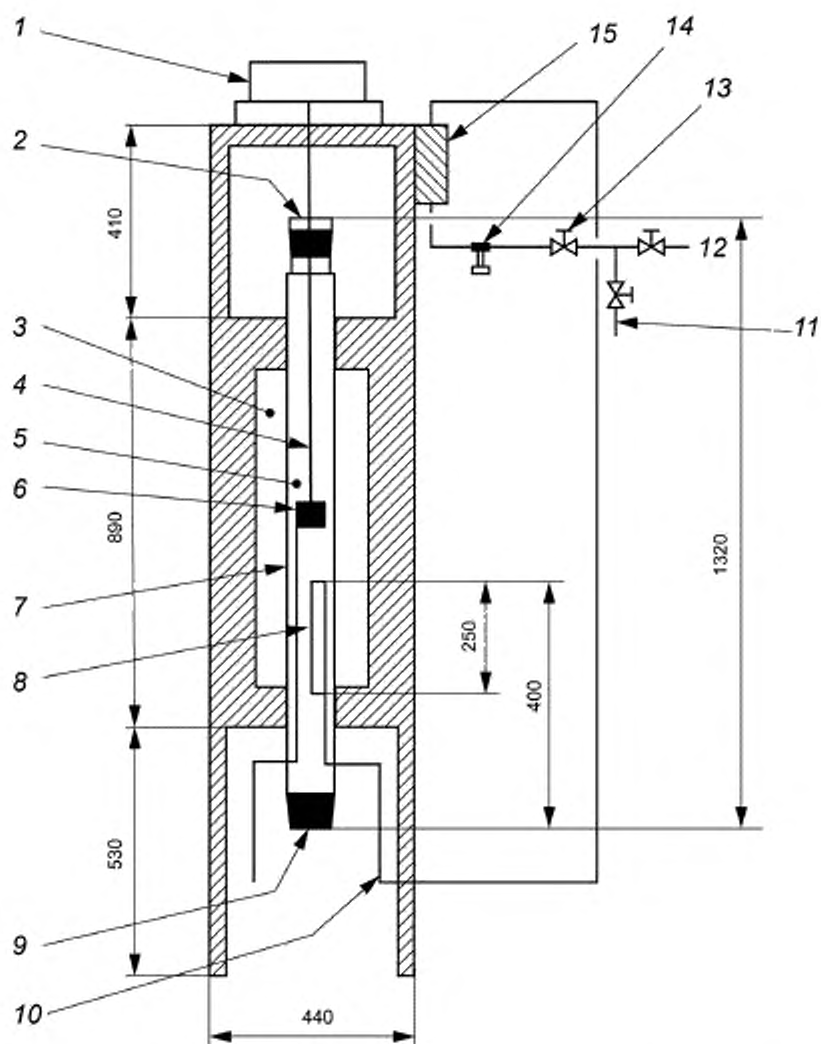
Термопару для контроля температуры располагают в реакционной зоне вблизи поверхности образца. Это позволит контроллеру печи компенсировать экзотермические реакции взаимодействия углерода с кислородом воздуха. Контрольную термопару устанавливают на расстоянии  $(4 \pm 1)$  мм от боковой поверхности образца и в пределах 5 мм по вертикали от центра реакционной зоны.

Печь должна быть достаточных размеров, чтобы вместить реакционную камеру.

**5.2 Реакционная камера**, состоящая из вертикальной трубки, изготовлена из материалов, способных выдерживать рабочие температуры  $(960 \pm 2)$  °C. Рекомендуемый внутренний диаметр  $(100 \pm 25)$  мм. Внутренний диаметр должен обеспечивать поток газа мимо образца. Реакционная камера в нижней части снабжена съемной емкостью для сбора частиц, падающих с образца во время испытания. Наиболее распространенные материалы — кварц и инконель<sup>1)</sup>.

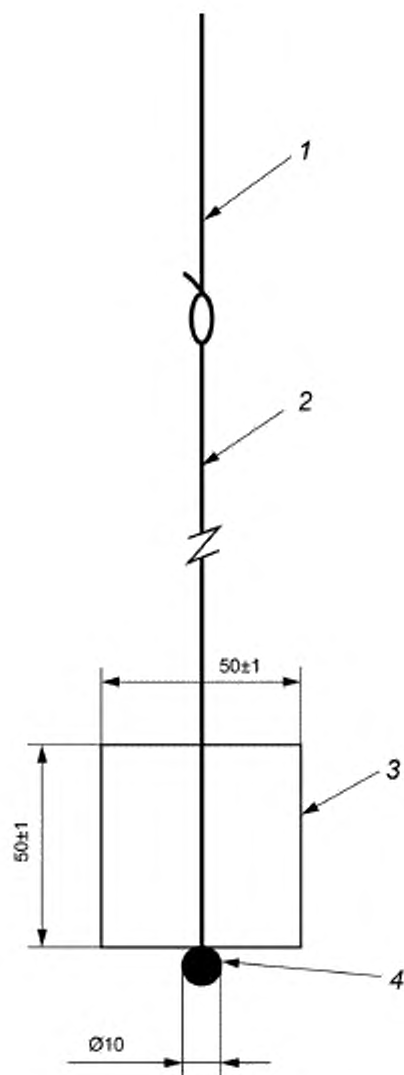
**5.3 Устройство подвешенного крепления образца**, изготовленное из материалов, способных многократно выдерживать рабочие температуры проведения анализа. Устройство не должно изменять массу в процессе испытания, влиять на структуру потока газа мимо образца, ограничивать доступ газа к поверхности испытываемого образца и препятствовать сбору частиц, падающих с образца во время испытания. Типичное устройство подвешенного крепления образца представлено на рисунке 2.

<sup>1)</sup> Инконель представляет собой пример подходящего продукта, имеющийся в продаже. Эта информация приведена для удобства пользователей настоящего стандарта и не означает одобрения со стороны ИСО данной продукции.



1 — весы; 2 — отвод газов (отверстие диаметром 10 мм); 3 — трехзонная печь; 4 — устройства подвешного крепления образца; 5 — реакционная камера; 6 — образец; 7 — контрольная термопара; 8 — камера подогрева газа; 9 — емкость для сбора частиц, падающих с образца; 10 — подача газа; 11 — подача воздуха; 12 — подача азота; 13 — редукционный клапан; 14 — вентиль точной регулировки; 15 — расходомер

Рисунок 1 — Схема типичной установки для определения реакционной способности обожженных образцов в среде диоксида углерода термogrавиметрическим методом



1 — верхняя часть подвесного крепления образца (нихром<sup>1)</sup>); 2 — нижняя часть подвесного крепления образца (платина, диаметр 1 мм); 3 — образец, 4 — шарик из нержавеющей стали

<sup>1)</sup> Нихром представляет собой пример подходящего продукта, имеющийся в продаже. Эта информация приведена для удобства пользователей настоящего стандарта и не означает одобрения со стороны ИСО данной продукции.

Рисунок 2 — Типичное устройство подвесного крепления образца

5.4 Камера подогрева газа перед входом в реакционную камеру. Длина и диаметр трубки могут отличаться. Должно быть обеспечено движение газового потока в реакционную камеру для предотвращения закупорки камеры предварительного подогрева частицами, падающими с образца во время испытания.



5.5 Весы, точностью до 0,01 г, предел взвешивания 200 г, обеспечивающие взвешивание образца и устройства его подвешного крепления непрерывно в течение всего периода испытания.

5.6 Расходомер газа. Скорости потока газа устанавливают для конкретного испытательного оборудования.

5.7 Вентиль точной регулировки расхода газа.

5.8 Редукционный клапан, обеспечивающий снижение давления сжатого газа до почти атмосферного перед поступлением в расходомер.

5.9 Термопары, расположенные в начале, середине и конце реакционной камеры для калибровки зоны печи. Дополнительная термопара может быть использована для контроля температуры реакции. Для оценки результатов анализа имеет значение непрерывное измерение температуры в центральной части реакционной камеры.

5.10 Штангенциркуль или другое устройство для измерения диаметра и высоты образца, точностью до  $\pm 0,01$  мм, для расчета площади поверхности образца, подвергающейся воздействию используемого газа.

5.11 Дополнительное оборудование, в т. ч. устройства автоматического управления, многоканальные линии, персональные компьютеры для автоматизации регистрации, обработки, представления и хранения данных.

## 6 Реактивы

В ходе анализа используют реактивы аналитической чистоты, если не указано иное.

6.1 Азот с концентрацией по массе 99,95 %.

6.2 Диоксид углерода с концентрацией по массе 99,95 %.

## 7 Отбор образцов

7.1 Образцы для испытаний отбирают высверливанием или отпиливанием. Изготавливают образец высотой  $(50 \pm 1,0)$  мм и диаметром  $(50 \pm 1,0)$  мм. Просверливают по центру отверстие диаметром 3 мм для провода устройства подвешного крепления образца (4.4). Поверхность готового образца должна быть гладкой и без заметных трещин и выбоин.

Могут быть использованы планы отбора проб для анодов и катодных блоков по ASTM Д 6353 и ASTM Д 6354.

7.2 Высушивают образцы при  $(105 \pm 5)$  °С до постоянной массы.

7.3 Обдувают готовый образец сухим воздухом для удаления углеродной пыли, образующейся при изготовлении образца.

## 8 Калибровка

8.1 Цель калибровки — установить связь между контроллером настройки трехзонной печи и фактической температурой внутри реакционной камеры в области образца. Длина калиброванной зоны должна составлять 100 мм. Для зоны печи, где будет находиться образец, помещают калибровочный датчик и проверяют, чтобы по центру расположения образца температура была  $(960 \pm 2)$  °С.

8.2 Устанавливают термопару (5.9) в зону расположения образца. Совмещают термопару и калибровочный датчик с центром образца.

8.3 Подсоединяют термопару (5.9) к главному контроллеру. Устанавливают температуру определения реакционной способности с  $\text{CO}_2$   $(960 \pm 2)$  °С.

8.4 Устанавливают две другие термопары. Необходима запись температуры для определения фактического температурного профиля.

8.5 Включают нагрев печи и подачу азота, нагрев ведут 4 ч, чтобы достичь равновесия в атмосфере азота (скорость газового потока вычисляют в соответствии с 8.7).

8.6 Ведут нагрев, пока перепад температуры всех трех баз будет находиться в пределах  $\pm 2$  °С.

8.7 Для образца диаметром 50 мм и реакционной камеры с внутренним диаметром 100 мм расход газа для стандартного анализа устанавливают  $(250 \pm 5)$  л/ч (при температуре окружающей среды). На значение реакционной способности влияют скорость газа и химические реакции поверхности во вре-

мя испытания. Это требует такой расход газа, чтобы скорость через кольцевое пространство между образцом и стенками реакционной камеры была постоянна для различных размеров реакционных камер. Расход для других размеров кольцевого пространства определяют путем умножения исходной скорости потока (250 л/ч) на величину соотношения площадей кольцевых зон. Например, при использовании опытного образца диаметром 50,8 мм в реакционной камере с внутренним диаметром 75 мм расход газа рассчитывают в соответствии с формулами:

$$A_R = \left( \frac{D_{i,t}^2 - D_s^2}{D_{i,rt}^2 - D_{rs}^2} \right), \quad (1)$$

где  $A_R$  — соотношение площадей кольцевых зон;  
 $D_{i,t}$  — внутренний диаметр испытательной реакционной камеры;  
 $D_{i,rt}$  — внутренний диаметр стандартной реакционной камеры;  
 $D_s$  — наружный диаметр испытуемого образца;  
 $D_{rs}$  — наружный диаметр стандартного образца.

$$q_{v,G} = (q_{v,rG}) \cdot A_R, \quad (2)$$

где  $q_{v,G}$  — объемный расход в испытательной камере, л/час;  
 $q_{v,rG}$  — объемный расход в стандартной реакционной камере, л/час;  
 $A_R$  — соотношение площадей кольцевых зон.

**Пример**

$$A_R = \left( \frac{75^2 - 50,8^2}{100^2 - 50^2} \right) = \frac{3044}{7500} = 0,406,$$

где  $D_{i,t}$  — 75 мм;  
 $D_{i,rt}$  — 100 мм;  
 $D_s$  — 50,8 мм;  
 $D_{rs}$  — 50 мм.

$$q_{v,G} = 250 \cdot 0,406 = 102,$$

где  $q_{v,G}$  — объемный расход в испытательной камере, 102 л/час;  
 $q_{v,rG}$  — объемный расход в стандартной реакционной камере, 250 л/час;  
 $A_R$  — соотношение площадей кольцевых зон, 0,406.

## 9 Проведение анализа

- 9.1 Разогревают реакционную камеру до  $(960 \pm 2) ^\circ\text{C}$ .
- 9.2 Продувают реакционную камеру азотом при скорости потока в соответствии с 8.7.
- 9.3 Взвешивают с точностью до 0,01 г и записывают массу образца  $m_i$ .
- 9.4 Измеряют диаметр ( $D_s$ ) высоту ( $h_s$ ) образца и диаметр центрального отверстия ( $D_H$ ) с точностью  $\pm 0,01$  мм для расчета общей площади поверхности в соответствии с формулой (3) в 10.1.
- 9.5 Помещают образец в устройство подвешивания, размещают в реакционной камере и соединяют с весами.
- 9.6 Проводят предварительный нагрев образца в среде азота в течение 30 мин.
- 9.7 Обеспечивают взвешивание образца в соответствии с инструкциями предприятия-изготовителя.
- 9.8 После 30 мин подачи в реакционную камеру азота включают подачу диоксида углерода и устанавливают расход в соответствии с 8.7.
- 9.9 Обеспечивают запись массы пробы каждую минуту в течение всего периода испытания. Продолжительность испытания на определение реакционной способности с диоксидом углерода семь часов (420 мин).
- 9.10 Извлекают образец из реакционной камеры, избегая ударов образца о стенки камеры, что может привести к откалыванию частиц.
- 9.11 Извлекают образовавшиеся свободные частицы из емкости для сбора частиц реакционной камеры и быстро помещают в эксикатор.
- 9.12 Взвешивают образовавшиеся свободные частицы и записывают как  $m_{f,r}$ .

## 10 Обработка результатов

### 10.1 Площадь открытой поверхности образца

Общую площадь поверхности образца вычисляют путем добавления к боковой поверхности удвоенной площади основания и площади поверхности центрального отверстия минус площадь основания центрального отверстия в соответствии с уравнением.

$$A_E = \left( \pi D_s h_s + \frac{2\pi}{4} [D_s^2 - D_H^2] \right) / 100, \quad (3)$$

где  $A_E$  — общая площадь поверхности образца, см<sup>2</sup>;

$D_s$  — диаметр образца, мм;

$D_H$  — диаметр центрального отверстия, мм;

$h_s$  — высота образца, мм.

### 10.2 Общая реакционная способность с диоксидом углерода

Общую реакционную способность с диоксидом углерода  $\alpha_{RCI}$ , мг/(см<sup>2</sup>·ч), рассчитывают по формуле

$$\alpha_{RCI} = \frac{1000(m_i - m_f)}{7A_E}, \quad (4)$$

где  $m_i$  — начальная масса образца, г;

$m_f$  — конечная масса образца, г;

$A_E$  — общая площадь поверхности образца, см<sup>2</sup>.

### 10.3 Начальная реакционная способность с диоксидом углерода

Начальную реакционную способность с диоксидом углерода  $\alpha_{RCi}$ , мг/(см<sup>2</sup>·ч), рассчитывают по формуле

$$\alpha_{RCi} = \frac{2000(m_i - m_{30})}{A_E}, \quad (5)$$

где  $m_i$  — начальная масса образца, г;

$m_{30}$  — масса образца после 30 мин испытания, г.

### 10.4 Конечная реакционная способность с диоксидом углерода

Конечную реакционную способность с диоксидом углерода  $\alpha_{RCf}$ , мг/(см<sup>2</sup>·ч), рассчитывают по формуле

$$\alpha_{RCf} = \frac{2000(m_{390} - m_f)}{A_E}, \quad (6)$$

где  $m_f$  — конечная масса образца, г;

$m_{390}$  — масса образца после 390 мин испытания, г.

### 10.5 Осыпаемость в диоксиде углерода

Осыпаемость в диоксиде углерода  $\alpha_{RCD}$ , мг/(см<sup>2</sup>·ч), рассчитывают по формуле

$$\alpha_{RCD} = \frac{1000m_d}{7A_E}, \quad (7)$$

где  $\alpha_{RCD}$  — осыпаемость в диоксиде углерода в течение 7 ч испытания, мг/(см<sup>2</sup>·ч);

$m_d$  — масса образовавшихся свободных частиц, г.

## 11 Прецизионность и погрешность

### 11.1 Прецизионность

Приведенные данные по повторяемости и воспроизводимости были определены в ходе межлабораторных сравнительных исследований в соответствии с ASTM E 691, в которых приняло участие шесть лабораторий и исследовалось девять материалов (семь анодов и два катода). Линейный характер зависимости показал, что значения показателей точности зависят от полученных значений реакционной способности с диоксидом углерода исследованных материалов.

На основании этих исследований критерии, приведенные в 11.2 и 11.3, используют для оценки достоверности результатов с 95 %-ной вероятностью.

## 11.2 Повторяемость

### 11.2.1 Повторяемость, пределы

Значения реакционной способности с диоксидом углерода, выраженные в  $\text{мг}/(\text{см}^2 \cdot \text{ч})$ , полученные одним и тем же оператором в одной и той же лаборатории, считаются достоверными, если полученные значения отличаются не более чем на значение  $r$ , которое определяют с использованием уравнений, приведенных в 11.2.2—11.2.5.

### 11.2.2 Общая реакционная способность с диоксидом углерода

Повторяемость общей реакционной способности с диоксидом углерода  $r_{RCI}$  рассчитывают по уравнению

$$r_{RCI} = (0,4997 \cdot \bar{a}_{RCI}) + 3,1512,$$

где  $\bar{a}_{RCI}$  — среднее значение двух результатов общей реакционной способности с диоксидом углерода.

Применимо для значений общей реакционной способности с диоксидом углерода в диапазоне от 11 до 42  $\text{мг}/(\text{см}^2 \cdot \text{ч})$ .

### 11.2.3 Начальная реакционная способность с диоксидом углерода

Повторяемость начальной реакционной способности с диоксидом углерода  $r_{RCI}$  рассчитывают по уравнению

$$r_{RCI} = (0,1804 \cdot \bar{a}_{RCI}) + 6,946,$$

где  $\bar{a}_{RCI}$  — среднее значение двух результатов начальной реакционной способности с диоксидом углерода.

Применимо для значений начальной реакционной способности с диоксидом углерода в диапазоне от 5 до 17  $\text{мг}/(\text{см}^2 \cdot \text{ч})$ .

### 11.2.4 Конечная реакционная способность с диоксидом углерода

Повторяемость конечной реакционной способности с диоксидом углерода  $r_{RCI}$  рассчитывают по уравнению

$$r_{RCI} = (0,4918 \cdot \bar{a}_{RCI}) + 1,5454,$$

где  $\bar{a}_{RCI}$  — среднее значение двух результатов конечной реакционной способности с диоксидом углерода.

Применимо для значений конечной реакционной способности с диоксидом углерода в диапазоне от 14 до 57  $\text{мг}/(\text{см}^2 \cdot \text{ч})$ .

### 11.2.5 Осыпаемость в диоксиде углерода

Повторяемость осыпаемости в диоксиде углерода  $r_{RCD}$  рассчитывают по уравнению

$$r_{RCD} = (0,919 \cdot \bar{a}_{RCD}) + 0,4796,$$

где  $\bar{a}_{RCD}$  — среднее значение двух результатов осыпаемости в диоксиде углерода.

Применимо для значений осыпаемости в среде диоксида углерода в диапазоне от 0,3 до 5,0  $\text{мг}/(\text{см}^2 \cdot \text{ч})$ .

## 11.3 Воспроизводимость

### 11.3.1 Воспроизводимость, пределы

Значения реакционной способности с диоксидом углерода, выраженные в  $\text{мг}/(\text{см}^2 \cdot \text{ч})$ , полученные в двух лабораториях, считаются достоверными, если полученные значения отличаются не более чем на значение  $R$ , которое определяют с использованием уравнений, приведенных в 11.3.2—11.3.5.

### 11.3.2 Общая реакционная способность с диоксидом углерода

Воспроизводимость общей реакционной способности с диоксидом углерода  $R_{RCI}$  рассчитывают по уравнению

$$R_{RCI} = (1,0706 \cdot \bar{a}_{RCI}) - 9,2078,$$

где  $\bar{a}_{RCI}$  — среднее значение двух результатов общей реакционной способности с диоксидом углерода.

Применимо для значений общей реакционной способности с диоксидом углерода в диапазоне от 11 до 42  $\text{мг}/(\text{см}^2 \cdot \text{ч})$ .

**11.3.3 Начальная реакционная способность с диоксидом углерода**

Воспроизводимость начальной реакционной способности с диоксидом углерода  $R_{RCI}$  рассчитывают по уравнению

$$R_{RCI} = (-0,1101 \cdot \bar{a}_{RCI}) + 9,9445,$$

где  $\bar{a}_{RCI}$  — среднее значение двух результатов начальной реакционной способности с диоксидом углерода.

Применимо для значений начальной реакционной способности с диоксидом углерода в диапазоне от 5 до 17 мг/(см<sup>2</sup> · ч).

**11.3.4 Конечная реакционная способность с диоксидом углерода**

Воспроизводимость конечной реакционной способности с диоксидом углерода  $R_{RCF}$  рассчитывают по уравнению

$$R_{RCF} = (0,8985 \cdot \bar{a}_{RCF}) + 5,6199,$$

где  $\bar{a}_{RCF}$  — среднее значение двух результатов конечной реакционной способности с диоксидом углерода.

Применимо для значений конечной реакционной способности с диоксидом углерода в диапазоне от 14 до 57 мг/(см<sup>2</sup> · ч).

**11.3.5 Осыпаемость в диоксиде углерода**

Воспроизводимость осыпаемости в диоксиде углерода  $R_{RCD}$  рассчитывают по уравнению

$$R_{RCD} = (2,2671 \cdot \bar{a}_{RCD}) + 0,8844,$$

где  $\bar{a}_{RCD}$  — среднее значение двух результатов осыпаемости в диоксиде углерода.

Применимо для значений осыпаемости в диоксиде углерода в диапазоне от 0,3 до 5,0 мг/(см<sup>2</sup> · ч).

**11.4 Погрешность**

Погрешность измерения, являющаяся характеристикой точности измерения реакционной способности с диоксидом углерода, в рамках настоящего стандарта оценена в ходе межлабораторных сравнительных исследований, описанных выше.

**12 Протокол испытаний**

Протокол испытаний должен включать следующую информацию:

- все детали, необходимые для идентификации пробы;
- ссылку на настоящий стандарт;
- дату испытаний;
- результаты в соответствующем выражении, с округлением до 0,1 мг/(см<sup>2</sup> · ч);
- особенности, отмеченные в ходе определения;
- любые операции, не включенные в настоящий стандарт.

Приложение ДА  
(справочное)Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов  
национальным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
ASTM E 691—99	—	*
* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его утверждения рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта.		

## Библиография

- [1] АСТМ Д 6353 Стандартное руководство по плану выборочного контроля и отбору образцов от обожженных анодов, используемых при производстве алюминия  
ASTM D 6353 Standard Guide for Sampling Plan and Core Sampling for Prebaked Anodes Used in Aluminum Production
- [2] АСТМ Д 6354 Стандартное руководство по плану выборочного контроля и отбору образцов от углеродных катодных блоков, используемых при производстве алюминия  
ASTM D 6354 Standard Guide for Sampling Plan and Core Sampling of Carbon Cathode Blocks Used in Aluminum Production
- [3] АСТМ Д 6358 Стандартный метод определения реакционной способности обожженных углеродных анодов и катодных блоков в среде диоксида углерода с использованием термогравиметрического анализа (ТГА)  
ASTM D 6558 Test Method for Determination of TGS CO<sub>2</sub> Reactivity of Baked Carbon Anodes and Cathode Blocks

Ключевые слова: материалы углеродные, производство алюминия, обожженные аноды, реакционная способность с диоксидом углерода, термогравиметрический метод

---

БЗ 3—2017/9

Редактор *Л.В. Коретникова*  
Технический редактор *И.Е. Черепкова*  
Корректор *И.А. Королева*  
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 14.09.2017. Подписано в печать 05.10.2017. Формат 60 × 84<sup>1/8</sup>. Гарнитура Ариал.  
Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,68. Тираж 23 экз. Зак. 1728.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

---

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123001 Москва, Гранатный пер., 4.  
[www.gostinfo.ru](http://www.gostinfo.ru) [info@gostinfo.ru](mailto:info@gostinfo.ru)