

---

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  
2019

## Предисловие

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

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. Обожженные 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 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

6 ПЕРЕИЗДАНИЕ. Апрель 2019 г.

*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», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном 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))*

© ISO, 2004 — Все права сохраняются  
© Стандартинформ, оформление, 2017, 2019

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 . . . . .	6
7 Отбор образцов . . . . .	6
8 Калибровка . . . . .	6
9 Проведение анализа . . . . .	7
10 Обработка результатов . . . . .	8
11 Прецизионность и погрешность . . . . .	9
12 Протокол испытаний . . . . .	10
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам . . . . .	11
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 углерода 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 АСТМ Д 6558-00.

## МАТЕРИАЛЫ УГЛЕРОДНЫЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЯ

Обожженные 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 обожженные 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

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты. Для датированных ссылок используют только указанное издание. Для недатированных — последнее издание (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.

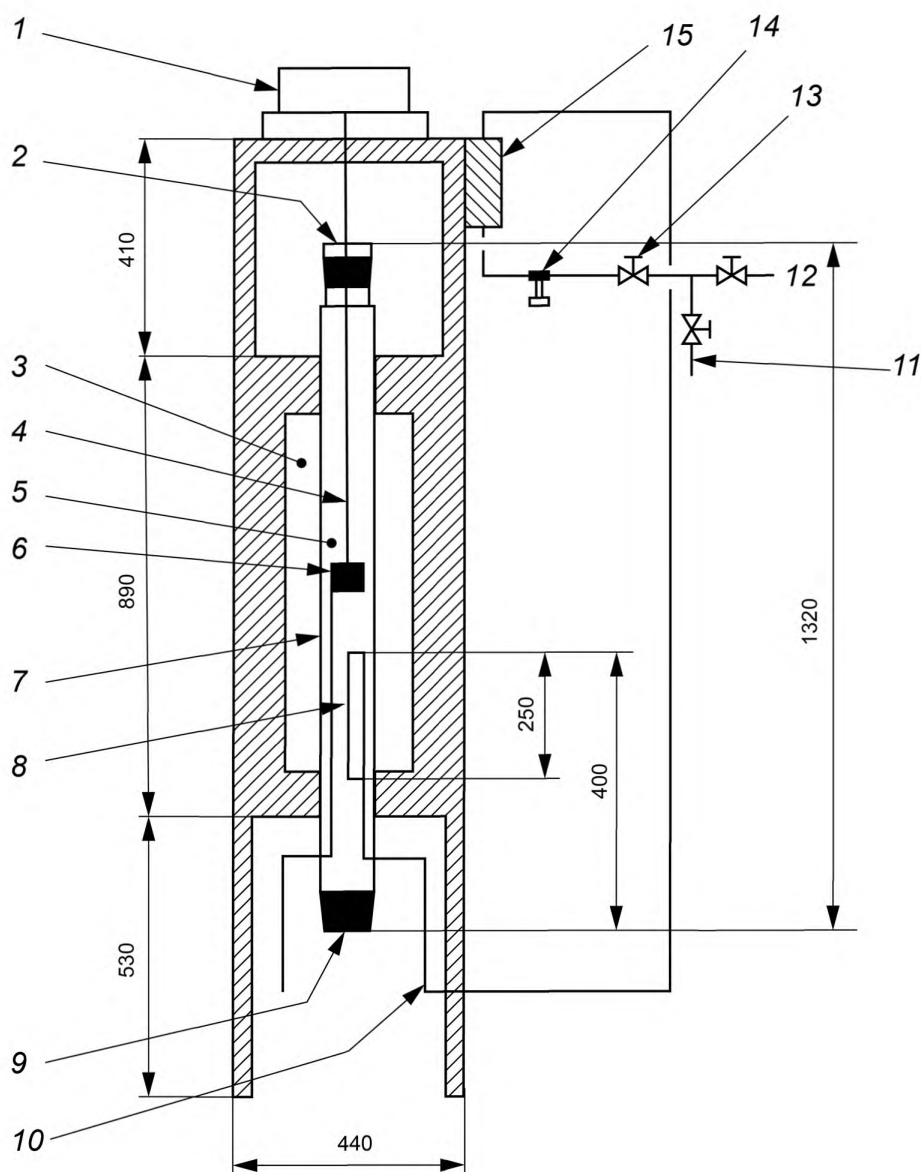
## 4 Сущность метода

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  $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  в реакционной зоне длиной 100 мм, в которой по центру расположен испытуемый образец.



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

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  $(960 \pm 2) ^\circ\text{C}$ . 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>.

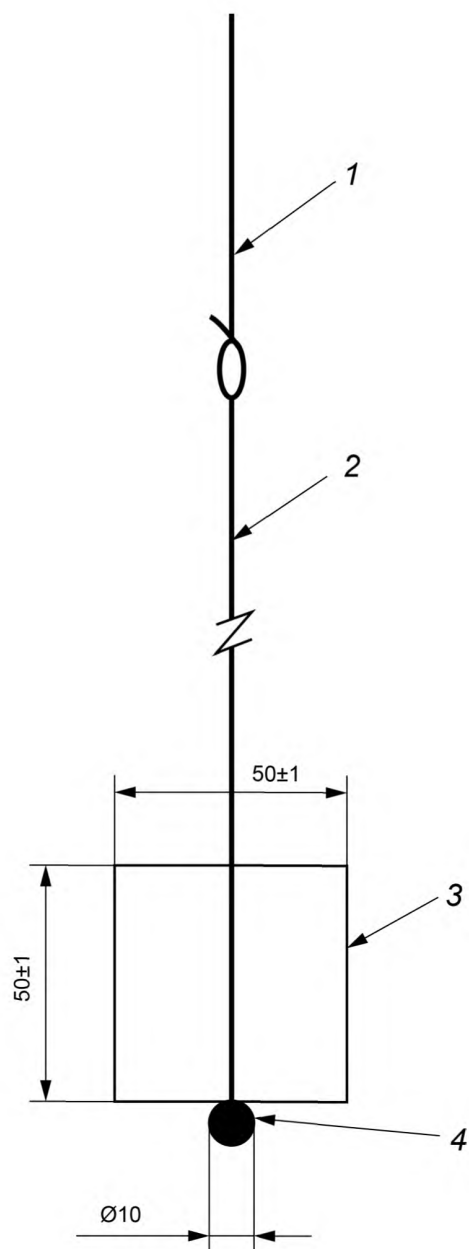
5.3 Устройство подвешного крепления образца, изготовленное из материалов, способных многократно выдерживать рабочие температуры проведения анализа. Устройство не должно изменять массу в процессе испытания, влиять на структуру потока газа мимо образца, ограничивать доступ газа к поверхности испытываемого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

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.

---

<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 — 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

Рисунок 2 — Типичное устройство подвесного крепления образца

5.5 Весы, точностью до 0,01 г, предел взвешивания 200 г, обеспечивающие взвешивание образца и устройства его подвесного 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.

<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.

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, точно-стью до  $\pm 0,01$  мм, для расчета площади поверхности образца, подвергающейся воздействию использо-уемого газа.

5.11 Дополнительное оборудование, в т. ч. устройства автоматического управления, многоканаль-ные 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 Дioxid углерода с концентрацией по массе 99,95 %.

## 7 Отбор образцов

7.1 Образцы для испытаний отбирают высверливанием или отпиливанием. Изготавливают обра-зец высотой ( $50 \pm 1,0$ ) мм и диаметром ( $50 \pm 1,0$ ) мм. Просверливают по центру отверстие диаметром 3 мм для провода устройства подвесного крепления образца (4.4). Поверхность готового образца долж-на 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 фак-тической 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 в по центру расположения образца температура была ( $960 \pm 2$ ) °С.

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

8.3 Подсоединяют термопару (5.9) к главному контроллеру. Устанавливают температуру опреде-ления 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 атмосфе-ре 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 время испытания. Это требует такой расход газа, чтобы скорость через кольцевое пространство между об-разцом 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  $m_j$ .
- 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 подвешного крепления, 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  $m_d$ .

## 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 АСТМ Е 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 мг/(см<sup>2</sup>·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 мг/(см<sup>2</sup>·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 мг/(см<sup>2</sup>·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 мг/(см<sup>2</sup>·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 мг/(см<sup>2</sup>·ч).

### 11.3 Воспроизводимость

#### 11.3.1 Воспроизводимость, пределы

Значения реакционной способности с диоксидом углерода, выраженные в мг/(см<sup>2</sup>·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 мг/(см<sup>2</sup>·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  $R_{RCI}$  рассчитывают по уравнению

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

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 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:

- а) все детали, необходимые для идентификации пробы;
- б) ссылку на настоящий стандарт;
- в) дату испытаний;
- г) результаты в соответствующем выражении, с округлением до 0,1 мг/(см<sup>2</sup>·ч);
- д) особенности, отмеченные в ходе определения;
- е) 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 принятия рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта.		

**Библиография**

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

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

Редактор *Л.В. Коретникова*  
Технический редактор *И.Е. Черепкова*  
Корректор *Р.А. Ментова*  
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 10.04.2019. Подписано в печать 07.05.2019. Формат 60×84%. Гарнитура Ариал.  
Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,68.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»  
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,  
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.  
[www.gostinfo.ru](http://www.gostinfo.ru) [info@gostinfo.ru](mailto:info@gostinfo.ru)