**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО**

**ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ**



**ГОСТ Р**

*(проект,*

*первая редакция)*

**ISO 22444-1:2020**

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ**

**СТАНДАРТ**

**РОССИЙСКОЙ**

**ФЕДЕРАЦИИ**

**РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ МЕТАЛЛЫ.**

**Часть 1.**

**Минералы и оксиды и прочие элементы.**

**Термины и определения.**

**ISO 22444-1:2020**

**Rare earth — Vocabulary — Part 1: Minerals, oxides and other compounds**

**(MOD)**

*Настоящий проект стандарта не подлежит применению
до утверждения*

**Предисловие**

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным унитарным предприятием «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина» (ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина») на основе перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом 372 «Редкие и редкоземельные металлы»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом [Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 202](http://docs.cntd.ru/document/420243635) №

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту ISO 22444-1:2020 «Редкоземельные элементы. Словарь. Часть 1: Минералы, оксиды и другие соединения» (ISO 22444-1:2020 «Rare earth — Vocabulary — Part 1: Minerals, oxides and other compounds») путем изменения отдельных фраз и слов, которые выделены в тексте курсивом; путем включения дополнительных терминов, которые выделены вертикальной линией, расположенной на полях текста.

Указанные технические отклонения направлены на учет особенностей терминологии, применяемой в национальной промышленности редкоземельных металлов.

Изменения, внесенные в термины, выделенные курсивом, направлены на приведение отдельных терминов в соответствие с наиболее употребляемыми в Российской Федерации.

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона "О стандартизации в Российской Федерации". Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в годовом (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе "Национальные стандарты", а официальный текст изменений и поправок - в ежемесячно издаваемом 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 органа исполнительной власти в сфере стандартизации в сети Интернет (*[*www.gost.ru*](http://www.gost.ru)*).*

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**

[Введение](#_Toc100581567)

[1 Область применения](#_Toc100581568)

[2 Нормативные ссылки](#_Toc100581569)

[3 Термины и определения](#_Toc100581570)

[4 Термины, относящиеся к редкоземельным минералам и руде](#_Toc100581571)

[4.1 Редкоземельные минералы](#_Toc100581572) …………………………………………………………..

[4.2 Редкоземельные руды и концентраты](#_Toc100581573)

[5 Термины, относящиеся к оксидам и другим соединениям редкоземельных элементов](#_Toc100581574)

[5.1 Общие термины](#_Toc100581575)

[5.2 Редкоземельные соединения](#_Toc100581576)

[6 Термины, относящиеся к процессу производства редкоземельных элементов](#_Toc100581577)

[6.1 Производство редкоземельного концентрата](#_Toc100581578)

[6.2 Гидрометаллургия редкоземельных элементов](#_Toc100581579)

[Библиография](#_Toc100581580)

**Введение**

Редкоземельные элементы нашли широкое применение. Различные компании и отрасли промышленности используют всевозможные наименования для редкоземельных элементов, их соединений и сплавов. Поэтому существенное значение имеет унификация терминологии, используемой в промышленности редкоземельных элементов.

Значимое количество редкоземельных элементов содержится в примерно 250 минералах, хотя в настоящее время лишь немногие из них экономически разрабатываются. По мере переработки этих редкоземельных минералов в промежуточные продукты и далее в конечные продукты получают различные оксиды и другие соединения редкоземельных элементов.

Настоящий стандарт устанавливает термины в области минералов, оксидов и других соединений редкоземельных элементов для производителей, потребителей и участников торговли. Настоящий стандарт послужит справочником, который поможет снизить разногласия или торговые споры, обусловленные несоответствиями в терминах, используемых при работе с редкоземельными минералами, оксидами и другими соединениями.

*В терминах 4.1.5, примечание 2, и 5.1.3, пример, исправлены опечатки, обнаруженные при переводе стандарта ISO.*

*В ряде определений приведены два термина-синонима, которые являются общепринятыми в международных нормативных документах.*

*Стандартизованные термины набраны полужирным шрифтом, иноязычные эквиваленты – светлым, синонимы – курсивом.*

|  |
| --- |
| **НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ** |
| **РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ МЕТАЛЛЫ.****Часть 1.****Минералы и оксиды и прочие элементы.** **Термины и определения**Rare earth — Vocabulary — Part 1: Minerals, oxides and other compounds |

 **Дата введения –**

**1 Область применения**

Настоящий стандарт определяет термины для редкоземельных минералов, оксидов и других соединений, также как для связанных с ними производственных процессов.

Настоящий стандарт может быть использован в качестве ссылки для унификации технических терминов в области производства, применения, контроля, обращения, торговли, научных исследований и образования, связанных с редкоземельными элементами.

**2 Нормативные ссылки**

В настоящем стандарте нормативные ссылки отсутствуют.

**3 Термины и определения**

|  |  |
| --- | --- |
| 3.1 **редкоземельный элемент:** - общее название для скандия (Ѕс), иттрия (Y) и лантаноидов (La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu), утверждённое в 2005 году Международным союзом теоретической и прикладной химии (ИЮПАК) в Рекомендациях по номенклатуре неорганической химии [1].Примечания1Отдельные термины и соответствующие сокращенные термины являются общими, такими как редкоземельный элемент (РЗЭ или РЗМ) и оксид редкоземельного элемента (РЗО) (5.2.1).2 Редкоземельные элементы нередко относят к лёгким редким землям, средним редким землям или тяжелым редким землям. При этом лёгкие РЗМ включает элементы между лантаном (La) и неодимом (Nd), средние РЗМ включает элементы между самарием (Sm) и гадолинием (Gd), а тяжёлые РЗМ включает элементы от тербия (Tb) до лютеция (Lu), а также скандий (Sc) и иттрий (Y).3: Дидимом обычно обозначают смесь элементов Pr и Nd.4 Характеристики редкоземельных элементов описаны в приложении A. | rare earth element |
| 3.2 **редкоземельный минерал:** минерал, содержащий один или несколько редкоземельных элементов (3.1).Примечание – Редкоземельные элементы могут присутствовать в виде простого соединения, включенного в решётку другого минерала или сорбированного на другом минерале, например, бастнезит (4.1.1), монацит (4.1.2) или монтмориллонит в месторождениях ионной глины. | rare earth mineral |
| 3.3 **редкоземельная руда:** редкоземельная минерализация, встречающаяся в природе в различных типах рудных месторождений.Примечание – Те типы месторождений, которые в настоящее время или ранее эксплуатировались в коммерческих целях, включают руду Баюнь-Обо (4.2.1), ионно-адсорбционную редкоземельную руду (4.2.2), карбонатит /щелочные интрузии (4.2.3), коры выветривания карбонатитов (4.2.4) и прибрежно-морские россыпи (4.2.5). | rare earth ore |
| 3.4 **месторождение редкоземельных элементов**: площадь или объём земной коры, где имеется скопление редкоземельных минералов (3.2) (с другими полезными минералами или без них), представляющих экономический интерес. | rare earth deposit |
| 3.5 **уровень редких земель:** массовая доля оксидов редкоземельных элементов (РЗО) (5.2.1) в месторождении/концентрате или хвостах.Примечания:1 Уровень может быть представлен в процентах или в кг/т или г/т. В заявлениях об уровне должно быть четко указано, предоставляются ли данные на основе РЗМ, РЗЭ или РЗО.2 Когда масса редкоземельного металла преобразуется в массу его оксида, все редкоземельные элементы (РЗЭ) (3.1) следует считать трёхвалентными, за исключением следующих оксидных форм: оксид церия (CeO2), оксид празеодима (Pr6O11) и оксид тербия (Tb4O7). | rare earth grade |
| 3.6 **редкоземельные минеральные ресурсы и запасы полезных ископаемых:** ресурсы руды или минералов, содержащих редкоземельные элементы, которые могут быть добыты правомерно и с выгодой в существующих условиях.Примечание – Указанный запас представляет собой оценку руды, рассчитанную по скважинам, выходам и опытным данным, прогнозируется на обоснованное расстояние по геологическим данным. | rare earth mineral resource and mineral reserve |
| 3.7 **содержание редкоземельных элементов** *общее содержание редкоземельных элементов***:** массовая доля редкоземельных элементов в материале.Примечание – Для оксидов (5.2.1) и других соединений редкоземельных элементов доля обычно указывается в процентах оксида редкоземельных элементов, т.е. % РЗО. Для металлов и сплавов содержание обычно указывается в процентах редкоземельного металла, т.е. % РЗМ или % РЗЭ. | rare earth contenttotal rare earth content |
| 3.8 **распределение редкоземельных элементов:** массовая доля каждого отдельного редкоземельного элемента в материале, содержащем смесь редкоземельных элементов, по сравнению с общим содержанием редкоземельных элементов (3,7) в материале.Примечание – Распределение для металлов и сплавов обычно выражается в виде процентного содержания редкоземельного металла, т.е. % РЗМ или % РЗЭ, для оксидов и других соединений - в виде процентного содержания оксида редкоземельного элемента (5.2.1), т.е. % РЗО. | rare earth distribution |
| 3.9 **средняя молярная масса смешанных редкоземельных соединений:** отношение общей массы всех редкоземельных соединений к их общему числу молей, как показано формулой:$$\overbar{M}=\frac{m\_{total}}{n\_{total}}=\frac{\sum\_{i-1}^{N}m\_{i}}{\sum\_{i=1}^{N}\frac{m\_{i}}{M\_{i}}}=\frac{m\_{1}+m\_{2}+…+m\_{N}}{\frac{m\_{1}}{M\_{1}}+\frac{m\_{2}}{M\_{2}}+…+\frac{m\_{N}}{M\_{N}}}$$гдеmtotal - общая масса смешанных редкоземельных элементов, в г;ntotal - общее количество молей смешанных редкоземельных элементов, в молях;mi - масса редкоземельного соединения i, i = 1, 2, ..., N, в г;Mi - молярная масса редкоземельного соединения i, i = 1, 2, ..., N. Основной единицей расчета является 1/x (RExBy) в г/моль.Примечание – Указывается в г/моль.***Примеры:******1 Средняя молярная масса смешанного оксида редкоземельных элементов (5.2.1), содержащего 40 мас. % оксида лантана и 60 мас. % оксида иттрия, рассчитывается следующим образом:******mLa2O3 = 40 единиц, MY2O3 = 60 единиц, MLa = 325,81/2 = 162,90 г/моль, MY = 225,81/2 = 112,90 г/моль.***$\overbar{M}=\frac{40+60}{\frac{40}{162.9}+\frac{60}{112.9}}$=128.7 г/моль***2 Средняя молярная масса смешанного оксида редкоземельных элементов (5.2.1), содержащего 25 % оксида празеодима и 75 % оксида неодима, рассчитывается следующим образом:******mPr6O11 = 25 единиц, mNd2O3 = 75 единиц, MPr = 1 021,44/6 = 170,24 г/моль, MNd = 336,48/2 = 168,24 г/моль***$\overbar{M}=\frac{25+75}{\frac{25}{170,2}+\frac{75}{168,2}}$=168.7 г/моль***3 Средняя молярная масса смешанного хлорида редкоземельных элементов (5.2.2), содержащего 40 % хлорида лантана и 60 % хлорида церия, рассчитывается следующим образом:******mLaCl3 = 40 единиц, mCeCl3 = 60 единиц, MLaCl3 = 245,26 г/моль, MCeCl3 = 246,48 г/моль***$\overbar{M}=\frac{40+60}{\frac{40}{245,26}+\frac{60}{246,48}}$=246.0 г/моль | average molar mass of mixed rare earth compounds$$\overbar{M}$$ |
| 3.10 **редкоземельная примесь:** нежелательный редкоземельный элемент (3.1), помимо целевого редкоземельного компонента (ов) в редкоземельном продукте. | rare earth impurity |
| 3.11 **не редкоземельная примесь:** нежелательный нередкоземельный компонент в редкоземельном продукте.***Пример – Fe, Al, Ca, SO42-.*** | non-rare earth impurity |
| 3.12 **чистота редкоземельных элементов** *абсолютная чистота редкоземельных элементов***:** массовая доля указанного редкоземельного элемента (3.1) или оксида редкоземельного элемента (5.2.1) в редкоземельном продукте.Примечания: 1 Она выражена в процентах и указана основа (РЗМ или РЗО).2 Содержание целевого элемента в оксиде, металле или соединении выражается чистотой, когда содержание превышает 90%. | rare earth purity |
| 3.13 **относительная чистота редкоземельных элементов:** массовая доля указанного редкоземельного элемента (3.1) или оксида редкоземельного элемента (5.2.1) от содержания редкоземельных элементов (3.7).Примечание – Она выражена в процентах и указана основа (РЗМ или РЗО). | relative rare earth purity |

**4 Термины, относящиеся к редкоземельным минералам и руде**

**4.1 Редкоземельные минералы**

|  |  |
| --- | --- |
| 4.1.1 **бастнезит:** жёлтый, красновато-коричневый, светло-зелёный или коричневый карбонатно-фторидный минерал, обычно содержащий от 65% до 75% оксидов редкоземельных элементов (5.2.1), с формулой (Ce, La, Nd, Pr) CO3F.Примечания: 1 Семейство карбонатно-фторидных минералов включает бастнезит-(Ce) с формулой (Ce, La) CO3F, бастнезит-(La) с формулой (La, Ce) CO3F и бастнезит-(Y) с формулой (Y, Ce) CO3F. Наиболее распространённый минерал - бастнезит-(Ce), а церий, безусловно, является наиболее распространенным из редкоземельных элементов в этом классе минералов.2 Твёрдость минерала по шкале Мооса составляет от 4 до 4,5, а плотность обычно составляет от 4700 кг/м3 до 5100 кг/м3.3 Минерал растворим в HCl, H2SO4, HNO3 и H3PO4. | bastnaesite |
| 4.1.2 **монацит:** желто-коричневый, коричневый, красный и иногда зелёный минерал, обычно содержащий от 55% до 70% оксидов редкоземельных элементов (5.2.1), с формулой (Ce, La, Nd, Pr, Th) PO4.Примечания:1 Минерал обычно встречается в виде небольших свободных кристаллов, а состав минерала в основном включает лёгкие редкоземельные элементы. Присутствие тория может создать проблемы с радиоактивностью.2 Твёрдость минерала по шкале Мооса составляет от 5,05 до 5,5, а плотность обычно составляет от 4900 кг/м3 до 5500 кг/м3.3 Минерал растворим в H3PO4, H2SO4 и HClO4 в зависимости от химического состава и предварительной обработки. | monazite |
| 4.1.3 **ксенотим:** жёлтый, коричневый и иногда желтовато-зелёный минерал, представляющий собой фосфат редкоземельных элементов (5.2.9), содержащий обычно от 50 % до 65 % оксидов редкоземельных элементов (5.2.1), который часто представляет собой фосфат иттрия (YPO4).Примечания:1 Помимо иттрия, минерал часто содержит другие тяжёлые редкоземельные элементы (3.1), такие как диспрозий, эрбий, тербий и иттербий. Присутствие тория может создать проблемы с радиоактивностью. Этот минерал является важным источником иттрия и тяжёлых редкоземельных металлов.2 Твёрдость минерала по шкале Мооса составляет от 4 до 5, а плотность обычно составляет от 4400 кг/м3 до 5100 кг/м3. | xenotime |
| 4.1.4 **фергусонит:** как правило, желтый, рыжевато-коричневый или черный сложный минерал, содержащий обычно от 43 % до 53 % оксидов редкоземельных элементов (5.2.1), с химической формулой (Y, *Ln*) NbO4.Примечания:1 Обычно основным редкоземельным элементом в минерале является иттрий, но иногда он может быть заменён на церий, лантан и неодим.2 Твёрдость минерала по шкале Мооса составляет от 5,5 до 6,5, а плотность обычно составляет от 4 900 кг/м3 до 5800 кг/м3.3 Минерал частично растворяется в HCl и растворяется в H2SO4, H3PO4 и HF в зависимости от химического состава и предварительной обработки. | fergusonite |
| 4.1.5 **лопарит:** черный, пепельно-черный или красновато-коричневый минерал с прожилками, обычно содержащий от 30 % до 40 % оксидов редкоземельных элементов (5.2.1), с общей химической формулой (Na, Ce, Ca, La, Sr) O3(Ti, Nb).Примечания: 1 Твёрдость по Моосу составляет от 5,6 до 6,0, а плотность обычно составляет от 4600 кг/м3 до 4900 кг/м3.2 Если содержание *Nb2O5* превышает 25 %, то минерал называется лопаритом, богатым ниобием.3 Минерал, как правило, не растворим в кислотах, за исключением плавиковой кислоты. | loparite |

**4.2 Редкоземельные руды и концентраты**

|  |  |
| --- | --- |
| 4.2.1 **руда Баюнь-Обо:** смешанная редкоземельная руда (3.3), содержащая редкоземельные элементы (3.1) в бастнезите (4.1.1) и монаците (4.1.2) и железо в виде магнетита и гематита.Примечание – Названа в честь района Баюнь-Обо в автономном районе Внутренняя Монголия (КНР), где руда перерабатывается для производства редкоземельного концентрата (4.2.6) и концентратов железа. | Baiyun Obo ore |
| 4.2.2 **ионно-адсорбционная редкоземельная руда***ионная руда**ионно-адсорбционная глина**ионная глина***:** глинистые минералы, такие как монтмориллонит, которые сорбировали ионы редкоземельных металлов, высвобождаемые при интенсивном выветривании первичных редкоземельных минералов (3.2) посредством механизмов ионного обмена, также известна как редкоземельная руда, внесённая элюированием коры выветривания (3.3).Примечание – Руда является основным источником тяжёлых редкоземельных элементов и встречается в различных частях света, как правило, в тропиках. | ion-adsorption rare earth ore |
| 4.2.3 **карбонатит/щелочные *интрузии*:** месторождения редкоземельных элементов (3.4), расположенные в карбонатит/ щелочных интрузиях и вышележащих щелочных вулканических отложениях.Примечание – Редкоземельная минерализация часто представлена в форме бастнезита (4.1.1), хотя также часто встречается монацит (4.1.2). Минералы пустой породы обычно представляют собой карбонаты.***Пример – Маунтин-Пасс в США, Кванфилд в Гренландии.*** | carbonatite/alkalic pipe |
| 4.2.4 ***коры выветривания карбонатитов*:** карбонатиты, подвергшиеся интенсивным процессам выветривания и выщелачивания, которые во многих случаях приводили к обогащению редкоземельными элементами.***Пример – Месторождение Маунт-Вельд в Австралии, Томторское месторождение в России.*** | weathered carbonatite |
| 4.2.5 ***прибрежно-морские россыпи*:** редкоземельные минералы (3.2), которые обычно имеют высокий удельный вес и под действием текущей воды могут концентрироваться в прибрежных или речных залежах тяжёлых полезных ископаемых.Примечание – Такие месторождения распространены в Австралии, Индии и Южной Африке. | beach sand |
| 4.2.6 **редкоземельный концентрат:** материал, обогащённый редкоземельными элементами, полученный в ходе физического или химического технологического процесса в виде твёрдого вещества или раствора и пригодный в качестве сырья для гидрометаллургического или разделительного производства.Примечание – Очищенный смешанный редкоземельный концентрат - это концентрат, полученный химическими методами, содержащий очень мало примесей, в форме твёрдого вещества или раствора, который получают из раствора выщелачивания, полученного из ионно-адсорбционной редкоземельной руды (4.2.2) или смешанного минерального концентрата, и пригодный для разделительного производства. Он имеет такое же распределение редкоземельных элементов (3.8), как и концентрат редкоземельных элементов.***Пример – Минеральный концентрат монацита (4.1.2), смешанный минеральный концентрат бастнезита (4.1.1) и монацита, смешанные карбонаты редкоземельных элементов (5.2.3), оксиды редкоземельных элементов (5.2.1) или хлориды редкоземельных элементов (5.2.2), приготовленные из раствора выщелачивания ионно-адсорбционной редкоземельной руды.*** | rare earth concentrate |

**5 Термины, относящиеся к оксидам и другим соединениям редкоземельных элементов**

**5.1 Общие термины**

|  |  |
| --- | --- |
| 5.1.1 **соединение индивидуального редкоземельного элемента:** соединение, содержащее преимущественно только один редкоземельный элемент (3.1). | individual rare earth compound |
| 5.1.2 **смешанное соединение редкоземельных элементов:** соединение, содержащее преимущественно два или более редкоземельных элемента (3.1) и полученное путём обработки смешанного редкоземельного материала для частичного разделения определенных групп редкоземельных элементов.Примечание – Соединения дидима представляют собой соединения, содержащие смесь элементов празеодима (Pr) и неодима (Nd), в которых Pr обычно составляет более 18 %. | mixed rare earth compound |
| 5.1.3 **соединение, содержащее редкоземельный элемент:** соединение, изготовленное из редкоземельного элемента (элементов) (3.1) и другого составляющего элемента, когда их комбинация даёт соединение со значительно отличающимися физическими или химическими свойствами по сравнению с характеристиками отдельного компонента.Примечание – Соединение обладает свойствами из оптики, механики, электроэнергетики, катализа, истирания, термоэлектричества и т.д.***Пример – Комплексный оксид циркония-церия, диоксид циркония стабилизированный иттрием (YSZ), красный порошок нитрида (Sr, Ca) AlSiN3: Eu2+, смешанный оксид алюминия с редкоземельным элементом (RExAlyOz), хромит лантана (LaCrO3).*** | rare earth-bearing compound |
| 5.1.4 **разделённый редкоземельный продукт:** соединение, содержащее один или несколько редкоземельных элементов, которые были в основном отделены от других редкоземельных элементов.***Пример – Оксид празеодима и неодима/оксид дидима, карбонат Sm-Eu-Gd (SEG).*** | separated rare earth product |

**5.2 Редкоземельные соединения**

|  |  |
| --- | --- |
| 5.2.1 **оксид *редкоземельного элемента*** **РЗО:** соединение, содержащее один или несколько редкоземельных элементов (3.1) и кислород.Примечания:1 Как правило, формула имеет вид RExOy, где x равно 2, а y равно 3. Однако, некоторые редкоземельные элементы могут проявлять *степень окисления*, отличную от *+3*, как показано в таблице A.2.2 Индивидуальный РЗО преимущественно содержит один редкоземельный элемент, как показано в таблице A.1. Смешанный РЗО содержит два или более редкоземельных элемента.3 РЗО находится в виде порошка. Он растворим в кислоте и легко переходит в раствор. | rare earth oxideREO |
| 5.2.2 **хлорид *редкоземельного элемента*:** соединение, содержащее один или несколько редкоземельных элементов (3.1) и хлор.Примечания:1 Хлорид индивидуального редкоземельного элемента преимущественно содержит один редкоземельный элемент. Смешанный хлорид редкоземельных элементов содержит два или более редкоземельных элемента в виде хлоридов.2 Хлорид редкоземельного элемента обычно находится в твёрдом состоянии и вызывает коррозию. Он часто содержит кристаллизационную воду и растворим в воде. Он растворяется после впитывания влаги. Он может вступать в реакцию со щелочью, сульфатом натрия или сульфатом аммония. | rare earth chloride |
| 5.2.3 **карбонат *редкоземельного элемента*:** соединение, содержащее один или несколько редкоземельных элементов (3.1) и карбонат-ион.Примечания: 1 карбонат индивидуального редкоземельного элемента содержит преимущественно один редкоземельный элемент. Смешанный карбонат редкоземельных элементов содержит два или более редкоземельных элемента в виде карбонатов.2 Карбонат редкоземельного элемента находится в виде порошка. Он содержит кристаллизационную воду и растворим в кислоте. При температуре более 300 °C он разлагается.3 смешанный карбонат редкоземельных элементов получают из концентрата редкоземельных элементов (4.2.6), обычно с помощью химической переработки. Он имеет такое же распределение редкоземельных элементов (3,8), как и в сырье. | rare earth carbonate |
| 5.2.4 **гидроксид *редкоземельного элемента*:** соединение, содержащее один или несколько редкоземельных элементов (3.1) и гидроксид-ион.Примечания: 1 гидроксид индивидуального редкоземельного элемента преимущественно содержит один редкоземельный элемент. Смешанный гидроксид редкоземельных элементов содержит два или более редкоземельных элемента в виде гидроксидов.2 Гидроксид редкоземельного элемента может вступать в реакцию с кислотой и CO2. Гидроксид трёхвалентного церия нестабилен на воздухе и легко окисляется до Ce(OH)4. Он будет разлагаться при температуре от 200 °C.***Пример – Гидроксид лантана, гидроксид церия.*** | rare earth hydroxide |
| 5.2.5 **фторид *редкоземельного элемента*:** соединение, содержащее один или несколько редкоземельных элементов (3.1) и фтор.Примечания: 1 фторид индивидуального редкоземельного элемента преимущественно содержит один редкоземельный элемент. Смешанный фторид редкоземельных элементов содержит два или более редкоземельных элемента в виде фторида.2 Фторид редкоземельного элемента находится в виде порошка и вызывает коррозию. Он содержит кристаллизационную воду. Он может вступать в реакцию со щёлочью. | rare earth fluoride |
| 5.2.6 **нитрат *редкоземельного элемента*:** соединение, содержащее один или несколько редкоземельных элементов (3.1) и нитрат-ион.Примечания: 1 Нитрат индивидуального редкоземельного элемента преимущественно содержит один редкоземельный элемент. Смешанный нитрат редкоземельных элементов содержит два или более редкоземельных элемента в виде нитратов.2 Нитрат редкоземельного элемента находится в кристаллическом состоянии. Он содержит кристаллизационную воду и растворим в воде. Его легко растворить. Он может вступать в реакцию со щёлочью. | rare earth nitrate |
| 5.2.7 **сульфат *редкоземельного элемента*:** соединение редкоземельных элементов, содержащее один или несколько редкоземельных элементов (3.1) и сульфат-ион.Примечания: 1 Сульфат индивидуального редкоземельного элемента преимущественно содержит один редкоземельный элемент. Смешанный сульфат редкоземельных элементов содержит два или более редкоземельных элемента в виде сульфатов.2 Сульфат редкоземельного элемента находится в виде порошка. Он часто содержит кристаллизационную воду и растворим в воде. Он может вступать в реакцию со щёлочью. | rare earth sulfate |
| 5.2.8 **оксалат *редкоземельного элемента*:** соединение, содержащее один или несколько редкоземельных элементов (3.1) и оксалат-ион.Примечания:1 Оксалат индивидуального редкоземельного элемента преимущественно содержит один редкоземельный элемент. Смешанный оксалат редкоземельных элементов содержит два или более редкоземельных элемента в виде оксалатов.2 Оксалат редкоземельного элемента находится в кристаллическом состоянии и является коррозионным и токсичным. Он содержит кристаллизационную воду. Разлагаясь при температуре 800 ° C оксалат превращается в оксид. | rare earth oxalate |
| 5.2.9 **фосфат *редкоземельного элемента*:** соединение, содержащее один или несколько редкоземельных элементов (3.1) и фосфат-ион.Примечание – Фосфат индивидуального редкоземельного элемента преимущественно содержит один редкоземельный элемент. Смешанный фосфат редкоземельных элементов содержит два или более редкоземельных элемента в виде фосфатов. | rare earth phosphate |
| 5.2.10 **сульфид *редкоземельного элемента*:** соединение редкоземельных элементов, содержащее один или несколько редкоземельных элементов (3.1) и серу.Примечания: 1 Сульфид индивидуального редкоземельного элемента содержит преимущественно один редкоземельный элемент. Смешанный сульфид редкоземельных элементов содержит два или более редкоземельных элемента в виде сульфидов.2 Сульфид редкоземельных элементов находится в виде порошка. Он легко разлагается. Он может вступать в реакцию с кислотой. | rare earth sulphide |
| 5.2.11 **ацетат *редкоземельного элемента*:** соединение, содержащее один или несколько редкоземельных элементов (3.1) и ацетат-ион.Примечания: 1 Ацетат индивидуального редкоземельного элемента содержит преимущественно один редкоземельный элемент в виде ацетата. Смешанный ацетат редкоземельных элементов содержит два или более редкоземельных элемента в виде ацетатов.2 Ацетат редкоземельного элемента находится в кристаллическом состоянии. Он содержит кристаллизационную воду и растворим в воде. Он может впитывать влагу. Он может вступать в реакцию со щёлочью. | rare earth acetate |
| 5.2.12 **цитрат *редкоземельного элемента*:** соединение, содержащее один или несколько редкоземельных элементов (3.1) и цитрат-ион.Примечания: 1 Цитрат индивидуального редкоземельного элемента содержит преимущественно один редкоземельный элемент. Смешанный цитрат редкоземельных элементов содержит два или более редкоземельных элемента в виде цитратов.2 Цитрат редкоземельного элемента находится в виде порошка. Он содержит кристаллизационную воду и растворим в воде. Он может вступать в реакцию со щёлочью. | rare earth citrate |
| 5.2.13 **гексаборид *редкоземельного элемента*:** соединение, содержащее один или несколько редкоземельных элементов (3.1) и бор.Примечание – Гексаборид получают восстановлением оксида редкоземельных элементов (5.2.1) карбидом бора (или чистым бором). | rare earth hexaboride |

**6 Термины, относящиеся к процессу производства редкоземельных элементов**

**6.1 Производство редкоземельного концентрата**

|  |  |
| --- | --- |
| 6.1.1 **производство концентрата редкоземельных минералов:** процесс, используемый для выделения редкоземельных минералов (3.2) из редкоземельных руд (3.3) с концентрированием редкоземельных минералов путем обогащения и другими физическими и физико-химическими методами. | production of rare earth mineral concentrate |
| 6.1.2 **производство концентрата из ионно-адсорбционной редкоземельной руды:** процесс, используемый для извлечения ионов редкоземельных элементов из ионно-адсорбционной глины редкоземельных минералов (3.2) химическими методами и либо осаждением их в виде осадка смешанных редкоземельных элементов, либо концентрированием редкоземельных элементов в раствор. | production of ion adsorption concentrate from ion adsorption clay |

**6.2 Гидрометаллургия редкоземельных элементов**

|  |  |
| --- | --- |
| 6.2.1 **разложение редкоземельной руды или концентрата:** способ, используемый для обогащения редкоземельной руды (3.3) или концентрата гидрометаллургическим способом с выщелачиванием редкоземельных элементов (3.1).Примечание – Используемые методы включают кислотные и щелочные процессы и могут предшествовать или сопровождаться пирометаллургической обработкой для улучшения способности руды или концентрата к извлечению. | decomposition of rare earth ore or concentrate |
| 6.2.2 **разделение редкоземельных элементов:** процесс, используемый для разделения смеси редкоземельных элементов (3.1) на отдельные редкоземельные элементы или группы элементов.Примечание – Для разделения редкоземельных элементов в основном используют такие процессы, как экстракция растворителем, ионный обмен, фракционная кристаллизация, окисление / восстановление, ионообменное хроматографическое разделение, высокоэффективная жидкостная хроматография, электрофорез, молекулярное распознавание и электролиз. В промышленных масштабах чаще всего используется экстракция растворителем. Разделение возникает в результате разницы в коэффициентах распределения для различных редкоземельных ионов. | rare earth separation |
| 6.2.3 **процесс осаждения:** способ извлечения соединений редкоземельных элементов в твёрдом виде из водного раствора путем добавления подходящего химического реагента. | precipitation process |
| 6.2.4 **обжиг соединений редкоземельных элементов:** обработка соединений редкоземельных элементов при повышенных температурах для получения оксидов редкоземельных элементов (5.2.1).Примечание Операции обжига использовались для обработки соединений редкоземельных элементов, таких как карбонаты, гидроксиды и оксалаты, с получением оксидов редкоземельных элементов. | rare earth compound roasting |

**Приложение А**

**(справочное)**

**Характеристики индивидуальных редкоземельных металлов и оксидов**

Таблица A.1 — Редкоземельные *металлы*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование | Символ | Характеристики |
| Лантан | La | Серебристый металл, относящийся к группе 3 (ранее IIIA) периодической таблицы элементов Д.И. Менделеева. Его важнейшей рудой является бастнезит, из которого он выделяется с помощьюпроцесса ионного обмена. Существует два природных изотопа: лантан-139 (стабильный) и лантан-138 (период полураспада от 1010 до 1015 лет). Металл, будучи пирофорным, используется в сплавах для кремней зажигалок, а оксид используется в некоторых оптических стёклах. Однако, наибольшее применение лантан находит в качестве катализатора при крекинге сырой нефти. |
| Церий | Ce | Серебристый металл, встречающийся в алланите, бастнезите, церите и монаците. Четыре изотопа встречаются в природе: церий-136, -138, -140 и -142; было идентифицировано 15 радиоизотопов. Церий входит в состав мишметалла, сплава редкоземельных металлов, содержащем 25% церия, и в кремнях зажигалок. Оксид используется в стекольной промышленности. |
| Празеодим | Pr | Мягкий серебристый металл, встречающийся в бастнезите и монаците. Единственным встречающимся в природе изотопом является празеодим-141, который не является радиоактивным; однако было получено 14 искусственных радиоизотопов. Он используется в мишметалле, редкоземельном сплаве, обычно содержащем 5% празеодима, и в кремнях зажигалок. Другая смесь редкоземельных элементов, содержащая 30% празеодима, используется в качестве катализатора при крекинге сырой нефти. Это ценный компонент постоянных магнитов NdFeB. |
| Неодим | Nd | Мягкий серебристый металл, встречающийся в бастнезите и монаците. В природе встречается семь изотопов, все из которых стабильны,за исключением неодима-144, который слабо радиоактивен (период полураспада от 1010 до1015 лет). Получено семь искусственных радиоизотопов. Металл используется для окрашивания стекла в сиренево-фиолетовый цвет и придания ему дихроичности. Также входит в состав мишметалла (18% неодима) и в сплавах неодим-железо-бор для магнитов. |

*Продолжение таблицы А.1*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование | Символ | Характеристики |
| Прометий | Pm | Мягкий серебристый металл, в природе встречается только в виде изотопа прометий-147, который имеет очень короткий период полураспада - всего 2,52 года. Искусственно получено восемнадцать других радиоизотопов, но у них очень короткий период полураспада. Единственным источником этого элемента являются ядерные отходы. Прометий-147 представляет интерес как источник энергии, образующейся в результате бета-распада. Для этого сначала необходимо удалить прометий-146 и -148, которые испускают проникающее гамма-излучение. |
| Самарий | Sm | Мягкий серебристый металл, Sm встречается в монаците и бастнезите, а также в некоторых глинистых ионных рудах. Существует семь природных изотопов, все из которых стабильны, за исключением самария-147, который слабо радиоактивен (период полураспада2,5 × 1011 лет). Металл используется в специальных сплавах для изготовлениячастей ядерных реакторов в качестве поглотителя нейтронов. Оксид самария (Sm2O3) используется в небольших количествах в специальных оптических стёклах. Наибольшее применение этот элемент находит в ферромагнитном сплаве SmCo5, который делает постоянные магнитыв несколько раз прочнее большинства других материалов. |
| Европий | Eu | Мягкий серебристый металл, европий встречается в небольших количествах в бастнезите, монаците и других минералах РЗЭ. В природе встречается два стабильных изотопа: европий-151 и европий-153, оба из них являются поглотителями нейтронов. Экспериментальные сплавы европия были опробованы для частей ядерных реакторов, однако, до недавнего времени этот металл не был доступен в достаточном количестве. Он широко использовался в форме оксида длятелевизионных экранов, люминесцентных ламп и т.д. |
| Гадолиний | Gd | Мягкий серебристый металл, Gd встречается в гадолините, ксенотиме, монацитеи других минералах. Известно семь стабильных природных изотопов и одиннадцатьискусственных изотопов. Среди всех элементов два природных изотопа, гадолиний-155 и гадолиний-157, являются лучшими поглотителями нейтронов. Этот металл нашел ограниченное применение в ядерной технологии и в составеферромагнитных сплавов (вместе с кобальтом, медью, железом и церием). Соединения гадолиния используются в электронных компонентах. |

*Продолжение таблицы А.1*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование | Символ | Характеристики |
| Тербий | Tb | Серебристый металл, тербий встречается в апатите, ксенотиме и ионных глинах. Существует только один природный изотоп, тербий-159, который является стабильным. Было выявлено семнадцать искусственных изотопов. Он используется в качестве легирующей примеси вполупроводниковых приборах и в магнитах NdFeB. |
| Диспрозий | Dy | Мягкий серебристый металл, диспрозий встречается в апатите, гадолините,ксенотиме и других минералах. Существует семь природных изотопов и было выявлено двенадцать искусственных изотопов. Он находит ограниченное применение в некоторыхсплавах в качестве поглотителя нейтронов, в частности, в ядерной технологии, ноособенно важен в постоянных магнитах NdFeB. |
| Гольмий | Ho | Мягкий серебристый металл, Ho встречается в апатите, ксенотиме и в некоторыхдругих редкоземельных минералах. Существует один природный изотоп, гольмий-165, ибыло получено восемнадцать искусственных изотопов. Этот элемент не нашёл применения. |
| Эрбий | Er | Мягкий серебристый металл, эрбий встречается в апатите, гадолините и ксенотиме. Существует шесть природных изотопов, которые являются стабильными, и известно двенадцать искусственных изотопов. Он использовался в сплавах для ядерной технологии, поскольку является поглотителем нейтронов. Он исследуется на предмет других потенциальных применений. |
| Тулий | Tm | Мягкий серый металл, тулий встречается в апатите и ксенотиме. Существует один природный изотоп, тулий-169, и было получено семнадцать искусственных изотопов. Для этого элемента нет существенных применений. |
| Иттербий | Yb | Серебристый металл, иттербий встречается в гадолините, монаците и ксенотиме. Известно семь природных и десять искусственных изотопов. Он используется в некоторых сталях. |
| Лютеций | Lu | Серебристый металл, лютеций является наименее распространенным из редкоземельныхэлементов. Существует два природных изотопа: лютеций-175 (стабильный) и лютеций-176 (период полураспада 2,2 × 1 010 лет). Этот элемент используется в качестве катализатора и внекоторых современных медицинских устройствах. |

*Окончание таблицы А.1*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование | Символ | Характеристики |
| Скандий | Sc | Скандий - редкий мягкий серебристый металл, относящийся к группе 3 (ранее IIIA) периодической таблицы элементов Д.И. Менделеева. Скандий часто встречается в лантаноидных рудах. Единственным природным нерадиоактивным изотопом является скандий-45, и существует девять радиоактивных изотопов, все с относительно коротким периодом полураспада.Из-за высокой реакционной способности металла и высокой стоимости ни для этого металла, ни для его соединений не было найдено значительного применения. Однако, он изучается в качестве легирующего добавки в алюминиевых сплавах, и спрос на него может возрасти. |
| Иттрий | Y | Серебристо-серый металл, иттрий обычно встречается в лантаноидных рудах. Природным изотопом является иттрий-89, и существует четырнадцать известных искусственных изотопов. Металл используется в сверхпроводящих сплавах и позволяет создавать сильные постоянные магниты (в обоих случаях вместе с кобальтом).Оксид (Y2O3) используется в люминофорах цветных телевизоров и люминесцентных ламп, лазерах, легированных неодимом, и компонентах микроволновых печей. Химически он напоминаетлантаноиды, образуя ионные соединения, содержащие ионы Y3+. |

Таблица A.2 — Оксиды индивидуальных редкоземельных элементов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Продукт | *Степень окисления* | Общая химическая формула | Цвет |
| Лантана оксид | 3+ | La2O3 | Белый |
| Церия оксид | 3+, 4+ | CeO2 | Светло-желтый или белый |
| Празеодима оксид | 3+, 4+ | Pr6O11 | Чёрный или коричневый |
| Неодима оксид | 3+ | Nd2O3 | Светло-голубой фиолетовый |
| Прометия оксид | 3+ | Pm2O3 | Синтезированный, белый |
| Самария оксид | 2+, 3+ | Sm2O3 | Белый или светло-желтый |
| Европия оксид | 2+, 3+ | Eu2O3 | Белый или светло-розовый |
| Гадолиния оксид | 3+ | Gd2O3 | Белый |
| Тербия оксид | 3+, 4+ | Tb4O7 | Коричневый |
| Диспрозия оксид | 3+ | Dy2O3 | Белый |
| Гольмия оксид | 3+ | Ho2O3 | Светло-жёлтый |
| Эрбия оксид | 3+ | Er2O3 | Розовый |
| Тулия оксид | 3+ | Tm2O3 | Зеленовато-белый |
| Иттербия оксид | 2+, 3+ | Yb2O3 | Белый |
| Лютеция оксид | 3+ | Lu2O3 | Белый |
| Скандия оксид | 3+ | Sc2O3 | Белый |
| Иттрия оксид | 3+ | Y2O3 | Белый |

**Библиография**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| [1] | International Union for Pure and Applied Chemistry (IUPAC). Nomenclature of Inorganic Chemistry: IUPAC Recommendations 2005. IUPAC Red Book. RSC Publishing, 2005. (Международный союз теоретической и прикладной химии (IUPAC). Номенклатура неорганической химии. Рекомендации IUPAC 2005. Красная Книга IUPAC. Издательство RSC Publishing, 2005)ISBN 0-85404-438-8 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| УДК 669.2+030 | МКС 01.040.13; 13.030.30 |  |
| Ключевые слова: редкоземельные элементы, редкоземельные минералы, редкоземельные оксиды |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Директор НЦКП ГНЦ ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина» |  | А.И. Волков |
| Директор ЦССМ ГНЦ ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина» |  | С.А. Горшков |
|  |  |  |
|  |  |  |