

2. Краков, М. С. Численные методы и обработка данных : пособие / М. С. Краков, С. Г. Погирницкая. – Минск : БНТУ, 2021. – 87 с.

3. Рудикова Л.В. Microsoft Office Excel 2016. – СПб.: БХВ-Петербург, 2017. – 640 с.

Редкоземельные металлы - основа создания конструкционных материалов для современного машиностроения

Студенты гр. 10903121 Иванцевич А.О., Буян Д.А.

Научный руководитель - ст. преподаватель Комяк И.М.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Редкоземельные металлы занимают особое место в промышленности и науке. Их удивительные свойства и широта условий применения позволяют создавать материалы и изделия с уникальными возможностями. Они являются неотъемлемой частью современных технологий и науки, используются в машиностроении, приборостроении, атомной технике, радиоэлектронике, химической, оптической и атомной промышленности.

Понятие «редкие металлы» - условное. Оно скорее относится к производству и использованию того или иного металла, чем к его запасам.

Редкие металлы производятся в небольшом объеме, это объясняется тем, что многие из них не образуют в земной коре сколько-нибудь значительных месторождений; во-вторых, относительно малой их изученностью и, в-третьих, большой трудностью извлечения этих металлов из природных соединений.

Всего немногим более двухсот лет назад люди использовали всего несколько металлов. И только в 19 веке число их значительно возросло и в настоящее время речь уже идет об использовании почти всех элементов периодической системы Д. И. Менделеева.

Классифицировать редкие металлы можно на следующие группы (по К. И. Лукашеву):

1) легирующие и тугоплавкие: вольфрам, молибден, кобальт, ванадий, цирконий, ниобий, тантал, титан;

2) легкие: литий, рубидий, цезий, бериллий, стронций, барий;

3) цветные: кадмий, ртуть, мышьяк, сурьма, висмут;

4) металлы рассеянных элементов; теллур, галлий, индий, таллий, германий, гафний, селен, рений;

5) редкоземельные: церий, лантан и другие (всего 17);

6) радиоактивные: уран, радий, торий;

7) благородные: золото, серебро, платина и платиновые металлы.

Металлы с порядковым номером 57-71, относятся к группе редких элементов периодической системы Д. И. Менделеева. Первый из них – лантан, отсюда и их общее название в системе – лантоноиды. Все лантоноиды обладают близкими свойствами, поэтому в периодической системе они занимают одну ячейку, в которой помечен лантан. Физические свойства редкоземельных элементов принято делить на 2 группы: цериевую, куда входят лантан, церий, празеодим, неодим, прометий и самарий, и иттриевую – европий, гадолиний, тербий, диспрозий, гольмий, эрбий, туллий, иттербий, лютеций. Сюда относятся также близкие к ним по свойствам элементы – скандий и иттрий.

Редкоземельные металлы являются не такими уже и редкими.

Основные характеристики и данные о запасах редкоземельных металлов :

Порядковый номер	Редкоземельный металл	Удельный вес	Температура плавления, °С	Содержание в земной коре
57	Лантан(La)	6,162	920	$1,8 \cdot 10^{-3}$
58	Церий(Ce)	6,768	804	$4,5 \cdot 10^{-3}$
59	Празеодим(Pr)	6,769	935	$7 \cdot 10^{-4}$
60	Неодим(Nd)	7,007	1024	$7 \cdot 10^{-3}$
61	Прометий(Pm)	7,260	1035	$1,2 \cdot 10^{-4}$
62	Самарий(Sm)	7,540	1052	$1 \cdot 10^{-3}$
63	Европий(Eu)	5,166	900	$1,5 \cdot 10^{-4}$
64	Гадолиний(Gd)	7,868	1350	$4,5 \cdot 10^{-4}$
65	Тербий(Tb)	8,253	1500	$1,3 \cdot 10^{-4}$
66	Диспрозий(Dy)	8,565	1600	$4 \cdot 10^{-5}$
67	Гольмий(Ho)	8,799	1525	$8 \cdot 10^{-5}$
68	Эрбий(Er)	9,059	1525	$3 \cdot 10^{-4}$
69	Туллий(Tm)	9,318	1550	$1 \cdot 10^{-4}$
70	Иттербий(Yb)	6,959	824	$2,8 \cdot 10^{-3}$

71	Лютеций(Lu)	8,849	1750	$1 \cdot 10^{-5}$
21	Скандий(Sc)	3,3	1538	$2,3 \cdot 10^{-4}$
39	Иттрий(Y)	4,472	1525	$2,8 \cdot 10^{-3}$

Содержание редкоземельных металлов в земной коре в 2 раза больше, чем олова, и в 10 раз больше, чем свинца. А такого редкоземельного металла, как европий, в земной коре больше, чем серебра, ртути и золота вместе взятых.

Как видно из таблицы, редкоземельные металлы являются металлами средней тугоплавкости, температура их плавления, как правило, повышается с увеличением атомного номера. Они имеют типично металлические решетки: кубические или гексагональные плотноупакованные, большинство из них обладает полиморфизмом. Твердость редкоземельных металлов колеблется в пределах 30-100 НВ в зависимости от содержания примесей. В чистом виде они пластичны. Редкоземельные металлы сравнительно плохие проводники. Все они окисляются на воздухе при комнатной температуре. При этом их стойкость возрастает с увеличением атомного номера. Так, лантан, церий и празеодим быстро корродируют на воздухе, а неодим, самарий и гадолиний длительное время сохраняют свой металлический блеск.

Редкоземельные металлы обладают высокой химической активностью. Они легко вступают во взаимодействие с неметаллами: образуют нитриды, сульфиды, карбиды и т. д. окислы их являются весьма тугоплавкими веществами. Окись церия, например, которая плавится при температуре 2500°C , находит большое применение в промышленности для производства огнеупоров, эмалей, жаростойких покрытий и стекол, в электротехнике и т. п.

Разделение редкоземельных металлов – сложная задача. Поэтому на практике часто пользуются сплавами редкоземельных металлов, называемыми мишметаллом.

Мишметалл применяется в производстве:

1) чугуна для сфероидизации графитовых включений. Предел прочности чугунных отливок при введении около 0,06% редкоземельных металлов повышается с 16 до 52 кГ/мм^2 ;

2) жаропрочных сплавов и теплостойких сталей для улучшения их ковкости;

3) сварочные в качестве флюса при сварке сталей аустенитных с перлитными;

4) специальных высоколегированных сталей для повышения их антикоррозионных свойств;

5) магниевых и алюминиево - магниевых сплавов для повышения их жаропрочности и жаростойкости;

6) сталелитейном для повышения износостойкости и прочности отливок, а также в качестве раскислителя.

Отдельные редкоземельные металлы широко применяются в металлургии, машиностроении, приборостроении, атомной технике, радиоэлектронике, телевидении, химической и оптической промышленности, новейших физических приборах.

Одним из главных потребителей редкоземельных металлов является металлургия. Металлы цериевой группы используются прежде всего в качестве легирующих добавок, иттриевой - для производства сплавов с особыми физическими свойствами.

Введение редкоземельных металлов в незначительных количествах улучшает структуру и свойства всех сплавов: никелевых, титановых, магниевых, железных. Благодаря большому сродству с кислородом, серой, водородом, фосфором и мышьяком они взаимодействуют с ними, эффективно связывая их и очищая обрабатываемый сплав от вредных включений. Кроме того, они модифицируют сплавы, измельчают зерно, значительно повышая показатели механических свойств. Так, например, модифицирование чугуна превращает чешуйчатые включения графита (рис.1,а), снижающие его прочность, в шаровидные (рис.1, б). Прочность чугуна при этом возрастает вдвое, что позволяет ему, особенно при применении лучевых технологий для упрочнения поверхностного слоя, уверенно конкурировать со сталью, а применение сплава ферроцерий - магний вместо магния позволяет производить модифицирование в ковше без специальных камер, так как обеспечивается полная безопасность работы. Улучшаются также другие показатели процесса самого литья.

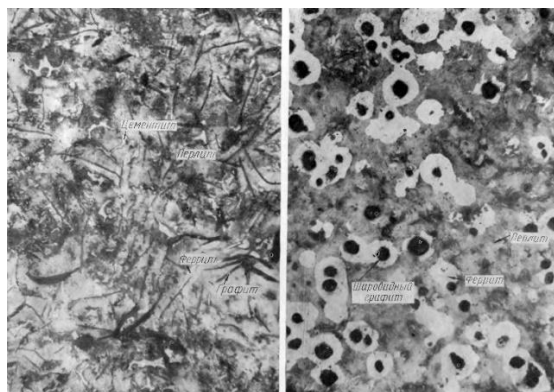


Рисунок 1. Структура чугуна
а - немодифицированного; б- модифицированного.

Введение редкоземельных металлов в сталь резко улучшает ее структуру и свойства, в том числе в литом состоянии. Хорошо зарекомендовал себя церий в медных сплавах, неодим и иттрий – в магниевых. Редкоземельные металлы (особенно церий и иттрий) благоприятно влияют на хром и его сплавы: они способствуют снижению содержания азота. При этом на несколько сотен градусов сдвигается температура перехода в хрупкое состояние. Они также улучшают состав окисной пленки, благодаря чему затрудняется проникновение азота в металл. Легирование редкоземельными металлами повышает также жаростойкость сплавов на основе железа, никеля, хрома и ниобия.

Краткий перечень применения, например, церия показывает его большое значение для современной металлургии: производство алюминиевых, магниевых, кадмиевых, жаропрочных сплавов, чугуна со сфероидальным графитом, железомарганцевых сплавов с малым коэффициентом расширения и так далее.

Многие редкоземельные металлы и их сплавы еще относительно мало изучены, но уже ясно, что в ближайшее время они найдут широкое применение во всех отраслях техники. Одним из наиболее распространенных применений редкоземельных элементов является создание магнитов для электромоторов. Например, неодимовые магниты, содержащие редкоземельные элементы, используются в электромобилях, электроскутерах и беспилотных летательных аппаратах для повышения эффективности двигателей.

Кроме того, редкоземельные элементы используются для создания современных материалов, с заданными магнитными свойствами, которые

применяются в компьютерах, смартфонах и электронных устройствах автоматики.

Таким образом, редкоземельные металлы являются важным компонентом для создания инновационных конструкционных материалов и технологий, без которых уже немыслимо современное машиностроение.

Литература

1. Коронцевич, В. К. Применение редких металлов в машиностроении. М., ЦНИИТМАШ, 1961. - 68 с.
2. Барад В. Р., Филиппов М. А. Материаловедение высокопрочных сталей и сплавов. М., изд. «Инфра-Инженерия», 2017. - 205с.
3. Влияние лазерной термической обработки (ЛТО) на структуру и шероховатость упрочненных поверхностей зубьев колес из высокопрочного чугуна/Скойбеда А. Т., Девойно О. Г., Калина А. А., Комяк И. М.//Перспективные направления развития технологий машиностроения и металлообработки: тезисы докл. 34-й Междунар. науч.-техн. конф. (Минск, 28 марта 2019г). - Минск: Бизнесофсет, 2019, с. 153 - 155.
4. Смирнов А.В., Поляков Е.Г. Металлургия редкоземельных металлов, 2-е изд. Учебное пособие для вузов. Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 501 с.
5. Кудреватых Н. В. Физика металлов. Редкоземельные металлы и их соединения: учебное пособие для вузов/Н. В. Кудреватых, А. С. Валегов - Москва: Издательство Юрайт, 2022. - 197 с.

Современные конструкции дисково-колодочных тормозных механизмов самоходных колесных сельскохозяйственных машин

Магистрант Долгий С.А.,

Научный руководитель - ст. преподаватель Комяк И.М.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

В последнее десятилетие наметилась тенденция применения на самоходных сельхозмашинах открытых дисково-колодочных тормозных механизмов (кукурузо-, картофеле- и зерноуборочные комбайны российских, немецких, итальянских и американских производителей).

Дисково-колодочные тормоза обладают весьма малым (0,1...0,2) коэффициентом взаимного перекрытия. В процессе торможения поверхности